



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Maria de Fátima Lemos de Oliveira e Sousa

**Argumentação e aprendizagem das Ciências
em diferentes contextos laboratoriais:
Um estudo com alunos do 10^o ano,
centrado na Termodinâmica**



Universidade do Minho

Instituto de Educação e Psicologia

Maria de Fátima Lemos de Oliveira e Sousa

**Argumentação e aprendizagem das Ciências
em diferentes contextos laboratoriais:
Um estudo com alunos do 10º ano,
centrado na Termodinâmica**

Tese de Doutoramento em Educação
Área de Conhecimento em Metodologia do Ensino das Ciências

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Laurinda Sousa Ferreira Leite

Dezembro de 2008

DECLARAÇÃO

Nome: Maria de Fátima Lemos de Oliveira e Sousa

Endereço electrónico: mfatisousa@sapo.pt

Telefone: 226178698

Número de bilhete de identidade: 1784848

Título da tese: ARGUMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS EM DIFERENTES CONTEXTOS
LABORATORIAIS: Um estudo com alunos do 10º ano, centrado na Termodinâmica

Orientadora: Professora Doutora Laurinda Ferreira Leite

Ano de conclusão 2008

Designação do Doutoramento: Doutoramento em Educação, Área de Conhecimento de Metodologia
do Ensino das Ciências

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO,
MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 30 de Dezembro de 2008

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Professora Doutora Laurinda Ferreira Leite expresso a minha profunda gratidão pelo excepcional profissionalismo com que orientou este trabalho e, também, pela constante disponibilidade, compreensão, grande humanidade e infinita paciência com que me apoiou ao longo de todos estes anos.

A todos os que contribuíram para o processo de validação dos instrumentos de recolha e análise de dados utilizados na presente investigação.

Aos alunos que colaboraram e aos colegas que os leccionaram Alfredina Mourão, Conceição Clavel, José António e Susana Castro que com a sua boa vontade e disponibilidade viabilizaram e realização deste trabalho.

A todos os colegas e amigos que me apoiaram, especialmente às minhas amigas Antónia Bacelar e Albertina Lemos.

ARGUMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS EM DIFERENTES CONTEXTOS LABORATORIAIS: Um estudo com alunos do 10º ano, centrado na Termodinâmica

Resumo

Desde finais do século XX que investigadores e educadores em ciências, de diversos países, mostram um interesse crescente em promover, nos alunos, a competência da argumentação. Algumas investigações realizadas, apoiadas nas perspectivas de autores como Toulmin e Walton, evidenciaram que as práticas argumentativas dos alunos podem contribuir para que estes compreendam a relação entre as teorias científicas e a evidência empírica e desenvolvam a capacidade de participar e tomar decisões sobre assuntos controversos, de cariz sócio científico. Dado que argumentar implica relacionar as conclusões com as evidências que as suportam, o laboratório de ensino das ciências pode ser um lugar propício ao desenvolvimento dessas competências. Contudo, apreender criticamente a natureza e validade da evidência empírica não é compatível com uma utilização do laboratório centrada em actividades com baixo grau de abertura, baseadas em protocolos de tipo receita que os alunos se limitam a seguir de um modo cognitivamente passivo. Em Portugal, os documentos reguladores do ensino das ciências salientam a importância de desenvolver nos alunos a competência de argumentação e de os preparar para construírem argumentos empiricamente fundamentados.

Uma vez que nas aulas de ciências tem sido dada pouca atenção ao desenvolvimento das competências argumentativas dos alunos, a presente investigação visou averiguar em que medida a apropriação de conceitos do âmbito da Termodinâmica, a compreensão de cinco conceitos (hipótese, teoria, evidência, argumento e conclusão) relacionados com a argumentação em ciências e os argumentos produzidos pelos alunos estão, ou não, relacionados com as características (grau de abertura e tecnologia utilizada) dos contextos laboratoriais em que as actividades são realizadas.

Na investigação participaram 64 alunos do 10º ano, distribuídos por três grupos de investigação, que realizaram actividades em contextos laboratoriais distintos, durante cerca de um período lectivo. Dois grupos realizaram actividades laboratoriais de grau de abertura elevado, usando tecnologias diferentes (termómetros e SATD, para efeitos de recolha de dados); o terceiro grupo realizou actividades com baixo grau de abertura e usou, também, um SATD. Os dados foram recolhidos através de um questionário, usado como pré-teste e pós-teste, que incidiu sobre os conteúdos conceptuais envolvidos nas actividades realizadas pelos alunos e sobre os cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências. Além disso, foram feitos registos áudio das conversas dos alunos pertencentes aos diversos grupos de trabalho, de cada um dos três grupos de

investigação, e recolhidos os registos escritos dos consensos alcançados pelos alunos.

A forma como os diferentes contextos laboratoriais, contribuíram para promover a compreensão de conceitos de Física, bem como a compreensão dos cinco conceitos, relacionados com a argumentação em ciências, foi analisada a partir das respostas ao questionário. Por sua vez, a influência dos diferentes contextos laboratoriais nas interações verbais e na quantidade e qualidade dos argumentos apresentados foi analisada a partir de registos escritos produzidos por cada grupo de trabalho e das transcrições dos registos áudio das conversas dos alunos

A análise comparativa dos resultados obtidos pelos dois grupos que usaram o SATD, em actividades com diferente grau de abertura, sugere que as actividades com grau de abertura elevado tiveram uma influência positiva na apropriação dos conteúdos conceptuais abordados pelos alunos e no desenvolvimento das suas ideias acerca dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências. Acresce que, embora o número médio de argumentos produzidos pelos dois grupos seja muito próximo, o grupo que realizou actividades com grau de abertura elevado apresentou argumentos com mais qualidade. Estes resultados sugerem que as actividades com grau de abertura elevado conduzem aprendizagem e argumentos de mais qualidade.

A análise comparativa dos resultados obtidos pelos dois grupos de investigação que trabalharam com actividades de elevado grau de abertura, usando tecnologias diferentes, sugere que o uso do SATD não teve influência positiva no desempenho dos alunos. De facto, no que respeita à apropriação dos conteúdos conceptuais os resultados obtidos pelos dois grupos foram próximos e no desenvolvimento das ideias sobre os conceitos relacionados com a argumentação em ciências o grupo que usou termómetros mostrou um desempenho superior. Constatou-se, também, que este grupo apresentou, em média, maior número de argumentos, enquanto que o grupo que usou o SATD apresentou argumentos de maior qualidade científica. Assim, a discussão foi mais intensa no primeiro grupo mas parece ter sido mais profunda no grupo que usou o SATD.

As conclusões que decorrem desta investigação reforçam o interesse pedagógico do desenvolvimento, no âmbito do ensino e na aprendizagem das ciências, das práticas argumentativas dos alunos. Estas deverão ser alvo de maior atenção em sala de aula, dando cumprimento às directrizes dos documentos reguladores. No entanto, para alcançar este objectivo, parece necessário investir na formação dos professores, a fim de que possam ajudar os alunos a desenvolver as suas competências, não só argumentativas, mas também metacognitivas, uma vez que estas últimas são relevantes para poderem avaliar os seus próprios argumentos.

ARGUMENTATION AND SCIENCE LEARNING IN DIFFERENT LABORATORY ENVIRONMENTS: A study with 10th grade students, focused on Thermodynamics

Abstract

Since the end of the XX century, a few science educators and researchers have been concentrating on promoting the development of students' argumentation-related competences. A few research studies, based on authors like Toulmin and Walton, have shown that the practice of argumentation may foster students' understanding of the relationship between scientific theories and empirical evidence and may lead them to develop their capacity to participate and make decisions about controversial socio-scientific issues. Building up an argument requires the establishment of a relationship between conclusions and the empirical evidence that supports them. Hence, the science-teaching laboratory seems an appropriate and valuable educational environment to develop students' argumentation competences. However, the development of a critical understanding of the nature and validity of empirical evidence is not consistent with the use of close lab activities, based on receipt-like worksheets that students follow in a passive way, from a cognitive point of view. In Portugal, the national documents that guide curriculum development in science emphasise the importance of both developing students' argumentation-related competences and helping them to build up empirically based arguments.

The development of students' argumentation-related competences has deserved a reduced attention in science classes. Therefore, this research study aims at finding out to what extent the learning of Thermodynamics concepts, the understanding of five concepts related to argumentation in science (hypothesis, theory, evidence, argument, and conclusion) and the students' produced arguments depend on the characteristics (level of openness, and measurement technology used) of the lab activities used in the classes.

The research study involved 64 tenth graders, divided into three research groups that carried out different lab activities during a school term. Two research groups undertook activities with a high level of openness, but different technologies (thermometers and datalogging equipment); the third research group carried out low level of openness activities and used datalogging equipment. Data were collected by means of a questionnaire that was used as a pre- and a post-test. The questionnaire included questions focusing on the concepts dealt with in the lab activities as well as on the argumentation concepts mentioned above. In addition, students' conversations during teamwork to undertake the activities were audio recorded. Written documents containing the consensus reached in each small group with regard to the activities undertaken were also collected.

Data collected by means of the questionnaire were used to find out how the diverse lab environments contributed to promoting students' understanding of Physics concepts as well as the understanding of the five argumentation concepts mentioned above. On the other hand, the influence of the different lab environments on students' verbal interactions and on the quantity and quality of the arguments produced were analysed based on both the written documents produced by the small groups and the transcripts of students' conversations.

A comparative analysis of the results attained by the two groups that used datalogging equipment in activities with different levels of openness suggests that the high level of openness of the lab activities favours both students' science concepts development and students' science argumentation concepts learning. In addition, and despite the fact that the number of arguments produced by the two groups is quite similar, the research group that carried out higher level of openness activities has built better quality arguments.

A comparative analysis of the two research groups that undertook activities with high level of openness and used different measurement technologies, suggests that the use of datalogging equipment had no positive effect on students' performance with regard to science and argumentation-related concepts. Rather, the research group that used thermometers showed a better performance with regard to argumentation-related concepts. In addition, while this research group has built a higher number of arguments, the group that used datalogging equipment has built better quality arguments.

Thus, the results of this research study stress the educational interest of developing students' argumentation practices within the science education context. These educational practices should deserve more attention in the science classes also because they are prescribed by the syllabuses and other official documents. However, in order to attain that goal, it seems necessary to improve teacher education so that teachers can help students to develop not only their argumentation competences but also their metacognitive competences, as these are required for them to analyse their own arguments.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACTS.....	vii
ÍNDICE	ix
LISTA DE QUADROS	xv
LISTA DE TABELAS	xvii
LISTA DE FIGURAS	xix

CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução	1
1.2. Contextualização da investigação	1
1.2.1. A argumentação e a formação de cidadãos cientificamente cultos	1
1.2.1.1. A argumentação no processo de construção das ciências e na educação em ciências	1
1.2.1.2. A literacia científica na actual sociedade tecnologicamente avançada	5
1.2.1.3. A argumentação e a tomada de decisões em temas de cariz sociocientífico..	9
1.2.2. As actividades laboratoriais e o desenvolvimento de competências argumentativas dos alunos	14
1.3. Objectivos do estudo e questões de investigação	21
1.4. Importância da investigação	23
1.5. Limitações do estudo	25
1.6. Estrutura da dissertação	27

CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Introdução	29
2.2. Origem e evolução histórica dos estudos sobre argumentação	29
2.2.1. A argumentação: da antiguidade até ao século XX	29
2.2.2. Concepções sobre argumentação na segunda metade do séc. XX	36
2.2.2.1. A relação entre a argumentação e a lógica	37
2.2.2.2. A relação da argumentação com a retórica e o papel da persuasão	41
2.2.3. O contributo de Toulmin para a compreensão da argumentação	45
2.2.3.1. Estrutura de um argumento segundo Toulmin	45

2.2.3.2. A complexidade escondida da argumentação silogística	48
2.2.3.3. A distinção entre argumentos que aplicam e argumentos que estabelecem uma garantia	50
2.2.3.4. Distinção entre argumentos analíticos e argumentos materiais	51
2.2.4. Tipos de argumentos e sua identificação	55
2.2.4.1. Tipos de argumentos	55
2.2.4.2. A necessidade de identificar os tipos de argumentos nas sequências argumentativas	61
2.3. A argumentação na construção do conhecimento	63
2.3.1. A argumentação e a evolução das ciências modernas	63
2.3.2. A verificação, a confirmação progressiva e a falsificação como critérios de Demarcação	67
2.3.3. O papel das anomalias e da argumentação na mudança de paradigma	76
2.3.4. A questão da racionalidade e a relevância da argumentação e da retórica no seio da comunidade científica	84
2.3.5. Consequências pedagógicas de algumas características do conhecimento científico que actualmente são consensuais	89
2.4. As actividades laboratoriais e a utilização do SATD	94
2.4.1. A utilização das actividades laboratoriais no ensino e na aprendizagem das ciências: análise crítica	94
2.4.2. A dificuldade dos alunos na elaboração de relações dados/evidências/teoria/ explicação.....	109
2.4.3. A integração do SATD nas actividades laboratoriais	123
2.5. A argumentação no ensino e na aprendizagem das ciências	138
2.5.1. O papel da linguagem e das práticas argumentativas dos alunos na construção social do conhecimento científico escolar.....	138
2.5.2. Estudos que se debruçam sobre a análise da argumentação e das interacções verbais e sala de aula	152
2.5.2.1. Estudos que recorrem ao modelo de argumento de Toulmin	152
2.5.2.2. Estudos que apontam limitações ao modelo de Toulmin optando por outras formas de avaliação ou adaptando o modelo	160
2.5.2.3. Estudos que não referem o modelo de Toulmin.....	166

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

3.1 Introdução	177
3.2 Sinopse do estudo	177
3.3 Estudo Piloto	180
3.4. Caracterização do estudo	181
3.4.1 Justificação do desenho do estudo	181
3.4.2. A integração das abordagens qualitativa e quantitativa.....	184
3.5. População e amostra	187
3.6. Caracterização dos tratamentos e metodologias de ensino	189
3.6.1. Formação dos alunos em argumentação	190
3.6.2. Metodologia de ensino adoptada nos grupos de investigação.....	192
3.6.2.1. Metodologia de ensino adoptada nos grupos experimentais	192
3.6.2.2. Metodologia de ensino adoptada no grupo de controlo	195
3.7. Técnicas e instrumentos de recolha de dados	196
3.7.1. A elaboração do questionário	196
3.7.2. A elaboração das fichas de trabalho	199
3.8 Recolha de dados	201
3.9. Tratamento dos dados	202
3.9.1. Análise das respostas ao questionário sobre os conteúdos conceptuais	203
3.9.2. Análise das respostas ao questionário sobre os conceitos associados à argumentação em ciências	205
3.9.2.1. Elementos definidores dos conceitos	205
3.9.2.2. Análise das respostas às questões sobre os conceitos associados à argumentação em ciências	212
3.9.3. Análise das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos	214

CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Introdução	227
4.2. Análise comparativa da evolução dos alunos dos grupos de investigação relativamente ao conhecimento dos conteúdos conceptuais	227
4.3. Análise comparativa da evolução dos alunos dos grupos de investigação, relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências	241
4.3.1. Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de Hipótese	242
4.3.1.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre Hipótese	242
4.3.1.2. Identificação dos elementos referidos pelos alunos nas suas definições de hipótese	245
4.3.2. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de teoria	248
4.3.2.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de teoria	248
4.3.2.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de teoria	252
4.3.3. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de evidência	254
4.3.3.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de evidência	254
4.3.3.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de evidência	257
4.3.4. Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de argumento	259
4.3.4.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de argumento	259
4.3.4.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de argumento	262
4.3.5. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de conclusão	265
4.3.5.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de conclusão	265
4.3.5.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de conclusão	268
4.3.6. Análise comparativa da evolução dos grupos relativamente aos cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências	270
4.4. Análise comparativa da evolução das interacções verbais e práticas argumentativas dos alunos	275
4.4.1. Análise das interacções verbais e das práticas argumentativas do grupo AT	276

4.4.1.1. Análise das interacções verbais do grupo AT	276
4.4.1.2 Análise das práticas argumentativas do grupo AT	297
4.4.2. Análise das interacções verbais e práticas argumentativas do grupo AS	306
4.4.2.1 Análise das interacções verbais do grupo AS	306
4.4.2.2. Análise das práticas argumentativas do grupo AS	320
4.4.3. Análise das interacções verbais e práticas argumentativas do grupo FS	324
4.4.3.1 Análise das interacções verbais do grupo FS	324
4.4.3.2. Análise das práticas argumentativas no grupo FS	339
4.4.4.Comparação dos três grupos de investigação no que respeita às interacções verbais e práticas argumentativas	345

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

5.1. Introdução	351
5.2. Conclusões	351
5.3. Implicações para o ensino das ciências	357
5.4. Sugestões para futuras investigações	361
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS	365
ANEXOS	387
ANEXO 1 - Fichas de trabalho usadas pelos grupos AT e AS	389
ANEXO 2 - Fichas de trabalho usadas pelo grupo FS	411
ANEXO 3 - Questionário aplicado como pré-teste e pós-teste	431
ANEXO 4 - Tópicos indicadores de uma melhor compreensão, pelos alunos, dos conceitos abordados em cada conjunto de questões do questionário.....	439

LISTA DE QUADROS

1 - Caracterização das actividades realizadas pelos diversos grupos envolvidos no estudo.....	178
2 - Estrutura da 1ª parte do questionário	197
3 – Categorias usadas na análise das respostas dos alunos sobre os conceitos associados à argumentação em ciências	213
4 – Grelha de análise das interacções verbais.	216
5 – Categorias usadas na classificação das respostas apresentadas nos consensos dos grupos de trabalho nas diferentes fases das actividades.....	219
6 – Categorias usadas na comparação das respostas apresentadas nos consensos dos grupos de trabalho nas diferentes fases das actividade	220
7 – Categorias usadas na classificação dos argumentos apresentados pelos alunos.....	224
8 - Resultados da análise das interacções verbais e dos consensos registados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação AT.....	277
9 - Evolução dos grupos de trabalho do grupo AT nas quatro actividades laboratoriais.....	280
10 - Resultados da análise das interacções verbais e dos consensos registados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação AS.....	306
11 - Evolução dos grupos de trabalho do grupo AS nas quatro actividades laboratoriais	309
12 - Resultados da análise das interacções verbais e dos consensos registados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação FS.....	325
13 - Evolução dos grupos de trabalho do grupo FS nas quatro actividades laboratoriais	328

LISTA DE TABELAS

1	Caracterização da amostra total envolvida no estudo	188
2	Evolução dos grupos nas respostas ao questionário sobre conteúdos conceptuais (f)	228
3	Presença de pequena melhoria nas respostas às questões sobre o conhecimento dos conteúdos científicos	237
4	Desempenho dos alunos na definição do conceito de hipótese, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste	242
5	Evolução dos alunos na definição do conceito de hipótese (f)	243
6	Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de hipótese, em cada um dos três testes	246
7	Desempenho dos alunos na definição do conceito de teoria, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste	248
8	Evolução dos alunos na definição do conceito de teoria (f)	249
9	Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de teoria nos três testes	252
10	Desempenho dos alunos na definição do conceito de evidência, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste	254
11	Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de evidência (f).....	255
12	Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de evidência em cada um dos testes	257
13	Desempenho dos alunos na definição do conceito de argumento, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste	259
14	Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de argumento (f).....	260
15	Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de argumento em cada um dos testes	263
16	Desempenho dos alunos na definição do conceito de conclusão, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste	265
17	Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de conclusão	266

18	Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de conclusão em cada um dos testes	269
19	Acréscimos nas percentagens de respostas incluídas na categoria I	271
20	Argumentos e parcelas de argumentos em cada grupo de trabalho do grupo A.....	297
21	Argumentos e parcelas de argumentos apresentados em cada grupo de trabalho do grupo AS	320
22	Argumentos e parcelas de argumentos apresentados em cada grupo de trabalho do grupo FS	340

LISTA DE FIGURAS

1 - Esquema de um argumento (Toulmin, 1958, p.128)	46
2 - Exemplo de argumento, segundo Toulmin (Toulmin, 1958, p.129)	47
3 - Exemplo de argumento em que a segunda premissa é do tipo 'quase' (Toulmin, 1958, p.137)	49
4 - Exemplo de argumento de tipo material (Toulmin, 1985, p. 155)	52
5 - Exemplo de argumento preditivo (Toulmin, 1985, p. 227)	56
6 - Razões e conclusão de um argumento (Brink – Budgen, 2000, p. 29)	62
7 - Razões, conclusão intermédia e conclusão de um argumento (Brink – Budgen, 2000, p.42)	62
8 - A interrelação dados-evidências-teorias (Leite & Figueiroa, 2004, p.188)	114
9 - Transformação de dados (adaptado de Duschl & Ellenbogen, 2001, p.14)	118
10 - Padrão básico de raciocínio indutivo-dedutivo e hipotético-dedutivo (Lawson,1994, p.174)	148
11 - Contributos da argumentação (adaptado de Jiménez & Erduran, 2007, p.11)	151
12 - Argumento apresentado pelos alunos do grupo GAT5 na discussão sobre as questões de relacionamento	298
13 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT5 apresentada na discussão sobre as questões de relacionamento	299
14 - Argumento apresentado por um aluno do grupo GAT3 na elaboração de previsões sobre a absorção da radiação IV.....	300
15 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT1 apresentada depois de realizada a actividade sobre a emissão	301
16 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT8 apresentada durante as questões de relacionamento	302
17 - Argumento apresentado por um aluno do grupo GAT6 na elaboração das previsões sobre a absorção da radiação IV	303
18 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT6 apresentada durante a elaboração das previsões sobre a absorção da radiação IV..	304
19 - Argumento apresentado por uma aluna do grupo GAS5 sobre a absorção da radiação IV	

pelos corpos branco e preto após a realização da actividade laboratorial	321
20 - Argumento 2 apresentado por uma aluna do grupo GAS5 sobre a absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto após a realização da actividade laboratorial	322
21 - Argumento incompleto apresentado por uma aluna do GAS4 na discussão das questões de relacionamento	322
22 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções que inclui o argumento incompleto apresentado por uma aluna do GAS5	323
23 - Argumento apresentado por um aluno do grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre a emissão	340
24 - Argumento apresentado por uma aluna do grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre a emissão	341
25 - Argumento apresentado pelo grupo GFS3 após a actividade sobre emissão no registo da ficha de trabalho	342
26 - Argumento apresentado por uma aluna do grupo GFS5 após a actividade laboratorial sobre a emissão	342
27- Argumento apresentado por uma aluna no grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre emissão	343
28 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções apresentada no grupo GFS4 após a actividade sobre absorção da radiação IV	344
29 - Representação esquemática de uma sequência de intervenções apresentada no grupo GFS4 após a actividade laboratorial sobre a emissão	344

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução

Este capítulo destina-se a contextualizar e apresentar a investigação relatada nesta tese. No primeiro subcapítulo (1.2) procura-se caracterizar o contexto internacional e nacional em que a investigação é desenvolvida; segue-se a apresentação dos objectivos e questões que orientam a investigação (1.3); no terceiro subcapítulo defende-se a relevância da mesma para o ensino das ciências (1.4); em seguida explicitam-se alguns factores que condicionaram o desenvolvimento da investigação e que são considerados como limitações da mesma (1.5); por fim, descreve-se a estrutura da tese, resumindo o assunto abordado em cada um dos capítulos que a integram (1.6).

1.2. Contextualização da investigação

Tendo em vista a contextualização da investigação relatada nesta tese, vão ser considerados dois aspectos: o papel da argumentação na formação de cidadãos cientificamente cultos (1.2.1) e a contribuição das actividades laboratoriais e das novas tecnologias para a aprendizagem das ciências Físicas e Naturais (1.2.2), colocando especial ênfase naquelas que, pelas suas características, permitem promover as práticas argumentativas entre os alunos, contribuindo para a sua formação enquanto cidadãos.

1.2.1. A argumentação e a formação de cidadãos cientificamente cultos

1.2.1.1. A argumentação no processo de construção das ciências e na educação em ciências

O interesse pela argumentação tem vindo a ocupar um lugar relevante na investigação em educação em ciências e, na última década, assistiu-se ao aparecimento de um número crescente de trabalhos centrados na análise do discurso argumentativo no contexto de aprendizagem das ciências (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Driver, Newton & Osborne, 2000; Kelly & Takao, 2002; Pouliot, 2008; Villani & Nascimento, 2003; Sadler & Zeidler, 2005). Trata-se de uma argumentação no âmbito da lógica não formal a qual, a partir de meados de século XX, passou a ser

objecto de estudo de alguns pensadores que se interessaram por desenvolver uma teoria da argumentação que ocorre nos diversos sectores da vida prática (Toulmin, 1958; Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1952; Perelman 1993; Van Eemeren & Grootendorst, 1992). A argumentação constitui parte integrante das ciências e deve, por isso, ser incluída na educação em ciências (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007).

Na verdade, ao longo das últimas décadas, tem-se vindo a afirmar um ponto de vista segundo o qual as práticas científicas institucionalizadas estão apoiadas no processo de argumentação e as novas conjecturas científicas são tornadas públicas apenas depois de serem aceites por cientistas de diferentes instituições (Newton *et al.*, 1999). Frequentemente, as experiências são repetidas e os artigos científicos são revistos e criticados por pares, factos que tornam as práticas argumentativas da comunidade científica cruciais na actividade racional de construção e aceitação do conhecimento científico (Newton, *et al.*, 1999). Acresce que, de um modo crescente, a argumentação que ocorre entre os cientistas se estende ao domínio público, através dos meios de comunicação social (Osborne, 2000). Assim, os argumentos dos cientistas têm lugar em diferentes ambientes, podendo ocorrer: dentro da mente de um cientista quando, individualmente, se empenha no desenho de uma experiência ou na interpretação de dados; dentro de grupos de pesquisa, onde são ponderadas orientações alternativas; dentro da comunidade mais ampla de cientistas, através de interações competitivas; e no domínio público, quando os cientistas expõem as suas teorias competitivas sobre assuntos controversos, através dos meios de comunicação (Driver, Newton & Osborne, 2000).

A argumentação em ciências distingue-se da mera persuasão, pois a primeira envolve a avaliação do conhecimento à luz de evidências empíricas ou teóricas, bem como a análise e justificação do relacionamento entre as conclusões e os dados, enquanto que a segunda se baseia na opinião e no uso de práticas retóricas. Para Toulmin (1958), um argumento relaciona as conclusões com os dados, através: de garantias, ou seja, de razões que justificam a conexão entre os dados e a conclusão, indicando que a passagem à conclusão é legítima; e de fundamentos que não são mais do que conhecimento básico que confere autoridade à justificação apresentada nas garantias. É deste modo que também os cientistas constroem os seus argumentos e relacionam as conclusões com as evidências por eles seleccionadas. Assim, esta argumentação enquanto justificação do conhecimento, distingue-se do acto de convencer ou persuadir uma audiência. Na verdade, o estudo dos factores que afectam o grau de persuasão do discurso faz parte da retórica que, segundo Van Eemeren e Grootendorst (1992), é distinta da argumentação dialéctica. Esta

última visa convencer tendo em vista a resolução de uma diferença de opinião ou um conflito, enquanto a retórica visa persuadir pelo dom da palavra. No entanto, o processo de resolução de uma diferença de opinião também pode envolver elementos de persuasão e de justificação (Van Eemeren & Grootendorst, 1992).

Actualmente, considera-se que as ciências são o resultado de um processo de construção social que inclui a argumentação (Driver, Newton & Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007) e que o discurso da comunidade científica pode situar-se no âmbito da lógica não formal e até da retórica (Jiménez Aleixandre *et al.*, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Duschl, 2007). Todavia, para o sociólogo Boaventura Sousa Santos (1989), a determinação das relações entre a retórica e as ciências é um trabalho que está por fazer. Segundo este autor, pode pensar-se que a retórica diz respeito à apresentação pública dos resultados científicos e não aos processos de investigação; mas também se pode pensar que o cientista, ao investigar, antecipa o seu auditório, ou seja, a comunidade científica que tem de convencer e persuadir, e que é em função dela que organiza o seu trabalho. De qualquer modo, há que ter em atenção que afirmar uma dimensão retórica da verdade científica não é o mesmo que afirmar que essa natureza é exclusiva na caracterização das ciências nem que caracteriza por igual todos os processos das diferentes áreas do conhecimento científico (Santos, 1989).

Considerando que o conhecimento científico e o seu processo de construção é potencialmente diferente de outras formas de conhecimento e que a epistemologia das ciências se ocupa do estudo da natureza desse conhecimento, das suas fontes e do seu valor e limites, Sandoval e Millwood (2007) defendem que o entendimento das normas da argumentação em ciências pode contribuir para a compreensão das bases epistemológicas da prática científica, o que justifica que a argumentação esteja no centro da educação em ciências. De facto, a argumentação, ao colocar a ênfase na discussão das conclusões e na coordenação entre conclusões e evidências, pode contribuir para o desenvolvimento, nos alunos, de critérios epistemológicos e da familiarização com as práticas da comunidade científica (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 1997). Assim, a necessidade de os alunos compreenderem o processo racional que orienta os cientistas na produção do conhecimento científico constitui uma das razões para a importância de uma pedagogia que dê atenção às práticas argumentativas dos alunos. Recentemente, tem-se desenvolvido uma linha de investigação que se debruça sobre as ideias epistemológicas dos estudantes, através da análise da forma como elaboram os seus argumentos (Sandoval & Millwood, 2007). Segundo estes autores, o estudo das ideias que os estudantes possuem acerca do conhecimento científico, as quais

constituem o que os psicólogos designam por epistemologia pessoal, tem sido desenvolvido no âmbito da investigação sobre os pontos de vista dos estudantes acerca da natureza das ciências (NOS). Todavia, uma forma de investigar as ideias epistemológicas dos estudantes consiste em analisar a forma como as práticas de argumentação dos estudantes reflectem a sua compreensão acerca das ciências (Sandoval & Millwood, 2007).

O envolvimento dos estudantes em práticas de argumentação nas aulas de ciências mostrou também potencialidades ao nível do desenvolvimento de capacidades metacognitivas dos alunos quando estes são envolvidos na avaliação do seu próprio conhecimento, o que requer um elevado grau de reflexão. Alguns estudos evidenciam uma atitude metacognitiva por parte dos estudantes, centrando-se no seu pensamento ou no processo de construção do conhecimento, incluindo referências às suas ideias iniciais e às razões para a mudança conceptual (Mason, 2001), ou aos seus próprios padrões de argumentação (Zohar & Nemet, 2002), ou, ainda, à avaliação das suas explicações científicas e à coerência entre as suas conclusões e os seus dados (Sandoval & Reiser, 2004).

Na educação em ciências, os estudos sobre a argumentação têm explorado as potencialidades da argumentação em múltiplas perspectivas, tendo sido analisada quer a argumentação oral quer a argumentação escrita, em diferentes idades e níveis de ensino. Entre os estudos desenvolvidos contam-se no ensino primário: a análise das práticas argumentativas de crianças, a qual conduziu à identificação de um primeiro estado em que a criança apresenta um tipo de atitude auto-centrada e de um segundo estado em que apresenta uma atitude metacognitiva, mostrando-se capaz de rever os seus pontos de vista (Sorsby, 1999); e a análise da co-construção de argumentos pelos alunos, na ausência do professor (Naylor, Keogh & Downing, 2007). Em outros níveis de ensino: Kelly e Takao (2002) identificaram diversos níveis de complexidade epistemológica nos argumentos escritos de estudantes universitários; Berland e Reiser (2008) analisaram o discurso argumentativo dos estudantes na apresentação de explicações científicas; Von Aufschnaiter *et al* (2008) analisaram a relação entre a argumentação e o desenvolvimento cognitivo dos alunos; diversos autores (Kolstø, 2006; Lima, 2008; Patronis *et al.*, 1999; Pouliot, 2008; Sadler & Zeidler, 2005) analisaram os argumentos dos estudantes de vários países quando participam em debates sobre temas de cariz sociocientífico.

Jiménez-Aleixandre e Erduran (1997) apontam pelo menos cinco potenciais contributos associados à introdução da argumentação nas aulas de ciências. Assim, consideram que a argumentação dos alunos pode contribuir para: a sua familiarização com as práticas da comunidade

científica e desenvolvimento de critérios epistemológicos a utilizar na avaliação do conhecimento; o desenvolvimento de competências de comunicação e o pensamento crítico; o desenvolvimento de processos cognitivos de nível elevado como os processos metacognitivos; o desenvolvimento do raciocínio, em particular a escolha de pontos de vista, com base em critérios racionais; e o desenvolvimento da literacia científica.

O último contributo referido é particularmente relevante quando se trata de uma educação em ciências que tem em vista a formação do cidadão comum, na escolaridade obrigatória, enquanto outros contributos podem adquirir mais relevância em outros níveis de ensino. Na verdade, a educação em ciências, em particular, ao nível da escolaridade obrigatória, não deve centrar-se na preparação de futuros cientistas, mas deve antes promover a literacia científica (Cañal de León, 2000; Longbottom & Butler, 1999). No entanto, DeBoer (2000) afirma a ausência de concordância sobre o significado de literacia científica, apesar de esta ser amplamente apresentada como um dos objectivos da educação em ciências.

1.2.1.2. A literacia científica na actual sociedade tecnologicamente avançada

Segundo Laugksch (2000), a designação literacia científica é frequentemente usada como sinónimo de compreensão pública das ciências (designação que é mais usada no Reino Unido), e de cultura científica (mais usada em França). Embora apresentem semelhanças entre si, as várias designações de literacia científica decorrem dos diferentes pontos de vista sobre qual é o público e aquilo que este deve saber, bem como dos diferentes significados atribuídos à palavra literacia. O termo literacia terá aparecido nos anos cinquenta do século vinte, sendo um derivado da palavra *litteratus*. Em meados do século XX, o significado atribuído à palavra literacia colocava a ênfase na capacidade de ter sucesso na vida quotidiana. Assim, a evolução do significado desta palavra, ao longo do tempo, foi tal que a ênfase inicialmente colocada em ser erudito, passou para ser competente e, depois, para ser capaz de funcionar minimamente em sociedade (Laugksch, 2000). A designação literacia científica foi usada nos EUA, na década de 50 do século XX, para designar novos objectivos da educação em ciências. Estes objectivos decorriam da emergência, após a segunda guerra mundial, do tema da Responsabilidade Cívica, das rápidas alterações no mundo, e também da necessidade de criar uma mão de obra qualificada no domínio da tecnologia (DeBoer, 2000). Pretendia-se proporcionar aos estudantes, independentemente de virem, ou não, a ser cientistas, uma alargada compreensão das ciências (DeBoer, 2000). Segundo este autor, nos anos

30 do século XX nos EUA, tinha-se acreditado que as ciências deviam ser estudadas pela sua utilidade para os indivíduos, para apoiarem a sua participação inteligente na sociedade, e por constituírem uma forma de procurar a verdade e beleza no mundo. No entanto, após a segunda guerra mundial este optimismo deu lugar a uma percepção de que o desenvolvimento científico e tecnológico tem potencial destruidor da sociedade (DeBoer, 2000). Esta percepção o que levou a por em causa a neutralidade das ciências (Marco-Stiefel, 2002), surgindo posições a favor e outras contra certos usos das ciências, tais como o uso da energia nuclear com fins bélicos.

Nos anos 60, provocada pela sensação de atraso relativamente à então URSS que tinha alcançado êxito nas viagens espaciais, emergiu nos EUA uma outra abordagem ao ensino das ciências, baseada na ideia de que o avanço do país, tanto do ponto de vista económico como militar, estava dependente do ensino das disciplinas de ciências (DeBoer, 2000). Os novos cursos de ciências foram desenhados por cientistas, sem a preocupação da sua ligação às vivências da vida quotidiana, e com o principal objectivo de preparar futuros cientistas. Deste modo, perdeu terreno a preocupação de preparar os cidadãos para a participação na sociedade, ou seja, de os dotar de uma literacia científica adequada. No entanto, nos anos 70, a relação entre as ciências e a sociedade, e entre estas e as aplicações tecnológicas começaram a ser novamente reconhecidas como objectivo importante da educação em ciências.

No início dos anos 80, com o movimento Ciências-Tecnologia-Sociedade (CTS), a literacia científica passou a ser associada ao ensino das ciências no contexto tecnológico e social. Este movimento tinha como objectivo desenvolver indivíduos capazes de compreender a influência mútua entre as ciências, a tecnologia e a sociedade, e de usar esse conhecimento nas suas decisões do dia a dia (DeBoer, 2000). Segundo Membiela (2002), este movimento teve a sua origem na necessidade de resposta à crise sobre as relações entre a sociedade, as ciências e a tecnologia, as quais foram muito debatidas nos anos 60 e 70 nos meios académicos. Em finais dos anos 80 nos EUA com o propósito de clarificar os objectivos da educação em ciências para que todos os estudantes atingissem a literacia científica surgiu a publicação *Science For All Americans*. Segundo DeBoer (2000), na sequência desta publicação, foi estabelecido, em meados dos anos 90, um conjunto de objectivos para a educação em ciências de acordo com os quais a literacia científica implicava que uma pessoa devia ser capaz de: perguntar, encontrar ou determinar respostas a questões decorrentes da curiosidade acerca das experiências do dia a dia; descrever, explicar e prever fenómenos naturais; ler e compreender artigos acerca das ciências na imprensa, envolvendo-se na discussão social acerca da validade das conclusões; identificar temas científicos subjacentes às

decisões nacionais e locais e exprimir opiniões cientificamente e tecnologicamente informadas; avaliar a qualidade da informação científica; e ainda a capacidade de colocar e avaliar argumentos baseados na evidência, elaborando conclusões correctas com base nesses argumentos. Esta concepção de literacia científica foi criticada por ser muito ambiciosa (DeBoer, 2000). Segundo este autor, a análise histórica mostra que têm sido sugeridos vários significados para a literacia científica que, sendo certo que está relacionada com a compreensão pública das ciências, não é estática mas aberta e sujeita à mudança.

O movimento Ciências-Tecnologia-Sociedade deu origem a numerosos projectos em vários países (Marco-Stiefel, 2002; Membiela, 2002). No entanto em Espanha e em Portugal a sua influência não foi muito acentuada (Membiela, 2002). Segundo Pedrosa e Martins (2002), em Portugal os programas dos três ciclos do ensino básico mostravam alguma abertura às abordagens CTS, mas a sua concretização foi dificultada pela organização dos conteúdos em blocos compartimentados.

O significado de literacia científica adoptado pela OCDE, no âmbito do estudo internacional PISA (*Programme for International Student Assessment*), implica que os estudantes apresentem a capacidade de usar o conhecimento científico, de reconhecer questões científicas e de retirar conclusões baseadas em evidência, com vista a compreender e a apoiar a tomada de decisões acerca do mundo natural e das mudanças nele efectuadas através da actividade humana (Ramalho, 2004). Trata-se de uma preocupação que já estava presente no movimento CTS que, segundo Membiela (2002), também visava preparar os estudantes para a tomada de decisões em problemas relacionados com as ciências e para a participação no processo democrático. Na viragem do século, Patronis *et al.* (1999) afirmavam que a tomada de decisão deve ter um papel central em uma educação vocacionada para a democracia e que se pretenda apropriada para formar futuros cidadãos capazes de participar em controvérsias que envolvam as ciências e a tecnologia. O resultado de tais controvérsias, muitas vezes, tem implicações ambientais e no desenvolvimento sustentado do planeta. Nesta perspectiva, a educação em ciências, ao promover a literacia científica, deve procurar produzir uma população capaz de analisar criticamente a sociedade e de a mudar (Longbottom & Butler, 1999). Com efeito, numa sociedade democrática, a participação dos cidadãos não pode reduzir-se a delegar nos cientistas o papel de conduzir a investigação e nos políticos o papel de proteger os interesses do público, ficando para os cidadãos apenas o papel de agir de acordo com as directrizes dos primeiros (Pouliot, 2008).

Reconhece-se, actualmente, que uma sociedade em que a tecnologia tem, e terá, um papel relevante, pode enfrentar um grave problema de democracia se for muito restrito o número de pessoas capaz de lidar com o conhecimento científico e tecnológico (Patronis *et al.*, 1999; Pretto & Serpa, 2001; Villalonga, 2003). Em particular, no que respeita à globalização tecnológica, constata-se que esta tem vindo a favorecer uns e a marginalizar outros, o que dá origem a uma polarização social e geopolítica não desejável (Villalonga, 2003). As transformações tecnológicas dos últimos 50 anos, em especial na área das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) introduziram mudanças significativas em todo o planeta (Pretto & Serpa, 2001). A explosão da Internet no final do século passado, foi, sem sombra de dúvida, um dos acontecimentos mais marcantes deste período (Villalonga, 2003), pois não só mudou radicalmente formas de pensar e de agir como tornou a sociedade dependente das TIC. No entanto, apesar do crescimento vertiginoso do número de conectados em todo o mundo, os dados sobre conectividade mostram que esta não atinge de forma igual as diferentes camadas sociais. No início do actual século, Pretto e Serpa (2001) afirmaram que em termos internos de cada país, a população, como um todo, não tinha, efectivamente, acesso à internet e que o abismo entre conectados e não conectados tendia a aumentar. De facto, actualmente são proporcionadas através da internet ferramentas sofisticadas quer para responder a situações do dia a dia (serviços administrativos em rede, acesso a bases de dados públicas e privadas, etc.), quer de cariz pedagógico, nomeadamente os ambientes que proporcionam a interacção entre estudantes através de video-conferência (Fullick, 2004), a realização de experiências virtuais e simulações (Wellington, 2004), e ainda os ambientes de aprendizagem (desenvolvidos na última década) que proporcionam o desenvolvimento da argumentação (Clark *et al.*, 2007; Clark & Sampson, 2008; Sandoval & Reiser, 2004). No entanto, a sofisticação destas ferramentas pode contribuir para que aumente o abismo entre os cidadãos que as usam e aqueles que, por falta de acesso, não estejam preparados para as usar quando confrontados com essa necessidade. Neste contexto, importa encarar estes desafios no quotidiano das escolas, de modo a encontrar formas de proporcionar aos cidadãos as qualificações e condições necessárias para evitar a chamada infoexclusão (Pretto & Serpa, 2001). No nosso país têm vindo a ser intensificadas medidas que parecem apontar neste sentido com, por exemplo, a introdução generalizada do computador Magalhães nas escolas e com o projecto e-escolinha (Ministério da Educação, 2008), através do qual se disponibiliza uma ligação deste computador à internet bem como o acesso a conteúdos educativos seleccionados pelo Ministério da Educação.

Contudo, preparar o cidadão para o mundo tecnológico não pode significar, simplesmente, alfabetização digital (Pretto & Serpa, 2001), entendida no sentido de conhecimentos rudimentares de informática. Se assim fosse, poder-se-ia caminhar para outro tipo de analfabetismo que estes autores designam por analfabetismo funcional digital, ou seja, os cidadãos possuiriam conhecimentos básicos de informática mas não estariam preparados para intervir criticamente na sociedade tecnologicamente avançada. A alfabetização digital tem que ser entendida em sentido pleno e, para isso, tem que estar associada a outras alfabetizações, das letras, dos números, das ciências (Pretto & Serpa, 2001) e da tecnologia em geral.

Na verdade, uma cidadania responsável implica que o indivíduo seja capaz de intervir criticamente na sociedade dos nossos dias, nomeadamente nos dilemas sociais, ambientais, morais, éticos e políticos, resultantes, pelo menos em parte, do desenvolvimento das ciências e da tecnologia. Formar cidadãos com essa capacidade de intervenção requer a aceitação de que “só o cidadão que pensa por si próprio, auto-promovido do ponto de vista metacognitivo, constituído de genuína sensibilidade ética, pode tornar-se pessoa e ser capaz de uma comunicação autêntica” (Mateus, 1999, p. 29). Esta exigência remete para a necessidade de uma educação em que todos os potenciais contributos das práticas de argumentação dos estudantes podem ter um papel relevante.

1.2.1.3. A argumentação e a tomada de decisões em temas de cariz sociocientífico

Actualmente, parece ser consensual que o envolvimento dos estudantes em práticas de argumentação constitui um contributo para a formação dos cidadãos que, no futuro, terão responsabilidades na condução dos países (Kolstø, 2001; Kolstø, 2006; Pouliot, 2008). Têm vindo a ser desenvolvidas em vários países inúmeras investigações que analisam os argumentos dos estudantes quando participam em debates sobre temas de cariz sociocientífico (Albe, 2007; Kolstø, 2006; Lima, 2008; Patronis *et al.*, 1999; Pouliot, 2008; Sadler, 2004; Sadler & Zeidler, 2005; Simonneaux, 2001; Simonneaux, 2007). No início deste século, Osborne (2000) comentava que os temas de cariz sociocientífico, juntamente com os aspectos éticos, políticos e morais que lhes estão associados, eram recorrentes nos meios de comunicação social e tinham cada vez mais implicações na vida pública e familiar. Ao tentar o envolvimento dos estudantes em problemas de cariz sociocientífico deve atender-se a que os media podem condicionar, em larga medida, as linhas de raciocínio dos estudantes. Por isso, na educação em ciências, tem-se como objectivo encorajar os

estudantes a pensarem por eles próprios e a exprimirem os seus próprios pensamentos, analisando a informação disponível (Simonneaux, 2007).

Segundo Sadler e Zeidler (2005), as conceptualizações mais recentes de um currículo de cariz sociocientífico (SSI) conduziram a uma abordagem distinta daquela que caracterizou o movimento Ciências-Tecnologia-Sociedade. Para Zeidler e Sadler (2007), esta recente abordagem SSI diz respeito a um conjunto complexo de problemas com que deparam os cientistas e os cidadãos em geral e cujas soluções permanecem em aberto. Portanto, trata-se de problemas autênticos e não problemas abordados como se fossem abertos para efeito da sua exploração em sala de aula. Existem autores (Santos, 2002; Donnelly, 2004) que consideram que o movimento CTS já incorporava preocupações epistemológicas e éticas, bem como problemas abertos (Membiela, 2002). Todavia, segundo Sadler (2004), o movimento CTS centrava a sua abordagem na interdependência entre as ciências, a tecnologia e a sociedade, enquanto a recente abordagem de cariz sociocientífico tem origem numa perspectiva conceptual que unifica orientações morais e epistemológicas e que também considera o papel das emoções uma componente chave da educação em ciências para a cidadania (Sadler & Zeidler, 2005). Estes autores constataram nos pontos de vista dos estudantes sobre temas de cariz sociocientífico, a integração de formas de raciocínio informal (racional, emocional e intuitivo), pois identificaram situações em que os estudantes raciocinaram, simultaneamente, de modo racional e emotivo, racional e intuitivo, e intuitivo e emotivo (Sadler & Zeidler, 2005). É fundamental apresentar, aos estudantes, ciências humanizadas, que englobem aspectos morais e éticos nos argumentos que conduzem às decisões, e que criem as condições necessárias para um comportamento prudente (Sadler & Zeidler, 2007).

De facto, a tomada de decisões sobre questões sociocientíficas envolve uma diversidade de factores que podem ser do domínio dos valores morais ou éticos, da esfera económica ou política, e também do domínio afectivo (Albe, 2007; Kolstø, 2001; Sadler & Zeidler, 2005). A importância destes factores pode ser acrescida nos casos em que existam controvérsias e divergências de pontos de vista entre os próprios cientistas, sobre uma dada questão (Driver, Newton & Osborne, 2000; Kolstø, 2006; Bricker & Bell, 2008). No início dos anos 90, Kuhn (1992) afirmava que as ideias dos alunos sobre temas de cariz sociocientífico podem servir para os envolver na prática de pensar e que o seu pensamento pode ser posto à prova se forem interrogados sobre as evidências que apoiam as suas ideias e/ou se forem colocados perante ideias alternativas às suas e contra-argumentos. De facto, durante a sua vida, precisarão de ser capazes de argumentar com base nas evidências disponíveis e de avaliar argumentos na base de existência e/ou suficiência das evidências

apresentadas. Todavia, Sadler e Zeidler (2007) consideram que uma argumentação que dê prioridade à evidência pode funcionar em contextos de aprendizagem das ciências mas não será suficiente nas deliberações em problemas de âmbito SSI, pelo menos se forem marginalizados os outros factores associados aos complexos temas de cariz sociocientífico. Assim, ajudar o aluno a desenvolver a capacidade de tomar decisões implica fazê-lo compreender que a escolha entre diversas alternativas requer que sejam analisadas as respectivas fontes de informação e comparadas os diversos tipos de razões que conferem confiança a cada uma delas.

Além disso, a compreensão das formas de argumentação usadas pelos cientistas e o reconhecimento do carácter humano das ciências, dos seus valores e limites, ou seja, a compreensão de alguns aspectos relativos à natureza das ciências contribui, também, para promover a formação dos estudantes, enquanto cidadãos (Kolstø, 2001; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 1997). Estes precisam de compreender a natureza do conhecimento científico para participarem nas decisões políticas e interpretarem o significado da evolução das ciências e da tecnologia para as suas vidas (Kolstø, 2006; Millar, 2004; Sandoval, 2005; Smith & Scharmann, 1999). Na viragem do século, Smith e Scharmann (1999) atribuíram à compreensão da natureza das ciências um papel crucial na tomada de decisões pessoais responsáveis, e no exercício de uma cidadania local e global. Contudo, o envolvimento dos estudantes em problemas sociais, de cariz científico e tecnológico, requer que os alunos possuam os necessários conhecimentos básicos de ciências (Kolstø, 2001) e, além disso, sejam capazes de se envolver, crítica e fundamentadamente, num debate participativo, ou seja, em práticas de argumentação (Osborne, 2000).

Assim, parece ser consensual que, para formar cidadãos cientificamente cultos, a educação em ciências deve encorajar os jovens na apropriação crítica de temas relacionados com controvérsias sociocientíficas e na procura de decisões, através da combinação do uso de conceitos científicos (Kolstø, 2001; Osborne, 2000; Pouliot, 2008), do recurso a vivências pessoais (Albe, 2007; Pouliot, 2008; Sadler & Zeidler, 2005) e do uso de práticas argumentativas (Osborne, 2000; Pouliot, 2008). Tem sido constatado que, à medida que os alunos vão sendo envolvidos nestas práticas, vão atingindo níveis de argumentação mais elevados (Von Aufschnaiter *et al.*, 2008). Trata-se de um processo que requer tempo, mas ao desenvolver a capacidade dos estudantes para compreender, construir e avaliar argumentos, a educação em ciências promove a compreensão dos conteúdos científicos e dá um importante contributo para a educação global dos estudantes (Newton, Driver & Osborne, 1999; Millar, 2004).

Em síntese, pode falar-se da existência de uma interligação entre o desenvolvimento de competências argumentativas, a compreensão da natureza das ciências, o desenvolvimento de competências cognitivas/metacognitivas e uma educação científica para a cidadania que tenha em conta valores morais e éticos e as vivências pessoais dos cidadãos. A análise destes aspectos em separado pode ser uma boa estratégia para clarificar a discussão mas, na realidade, todos eles estão inter-ligados e influenciam-se mutuamente. Efectivamente a argumentação na educação em ciências é um processo interdisciplinar (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 1997) e a argumentação é usada pelos cientistas para debater temas controversos e escolher entre teorias rivais nas suas negociações. Estas têm lugar em dado contexto, histórico e social, que tem influência nas suas decisões.

Tendo em conta os potenciais contributos das práticas argumentativas dos alunos para a aprendizagem das ciências, a argumentação pode contribuir para os objectivos de uma educação em ciências orientada, quer para a formação dos cidadãos em geral, quer para a formação de futuros cientistas (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 1997). No entanto, estes autores não consideram que, ao fomentar a argumentação entre os alunos, se resolvam todos os problemas da educação em ciências. Todavia, a prática da argumentação pode ajudar os estudantes a atingir uma compreensão de assuntos que, de outro modo, dificilmente poderiam alcançar (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 1997) e pode ter um papel crucial na preparação dos cidadãos para participarem democraticamente numa sociedade científica e tecnologicamente avançada.

Os actuais *currícula* e programas portugueses recomendam o desenvolvimento nos alunos de competências argumentativas e de capacidades de tomada de decisões. Efectivamente, no Currículo Nacional do Ensino Básico (designadamente na parte referente às competências específicas para as Ciências Físicas e Naturais), entre as experiências de aprendizagem consideradas fundamentais, encontra-se “Realizar debates sobre temas polémicos e actuais, onde os alunos tenham de fornecer argumentos e tomar decisões, o que estimula a capacidade de argumentação e incentiva o respeito pelos pontos de vista diferentes dos seus” (DEB, 2001b, p.132). Mais concretamente e a título de exemplo, na temática “viver melhor na Terra” são apresentadas, entre outras, as seguintes competências específicas a desenvolver pelos alunos: no primeiro ciclo, “Discussão sobre a importância de procurar soluções individuais e colectivas visando a qualidade de vida” (DEB, 2001b, p.145); no segundo ciclo, “Discussão sobre a influência da publicidade e da comunicação social nos hábitos de consumo e na tomada de decisões que tenham em conta a defesa da saúde e da qualidade de vida” (DEB, 2001b, p.145); e no terceiro ciclo,

“Avaliação e gestão de riscos e tomada de decisão face a assuntos que preocupam as sociedades, tendo em conta factores ambientais, económicos e sociais” (DEB, 2001b, p.146). De modo idêntico, no ensino secundário, os programas de Física e Química A, implementados em 2003/2004, após a última Revisão Curricular do Ensino Secundário, defendem o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisões e de competências argumentativas. De facto, entre as finalidades desta disciplina encontram-se as seguintes: “compreender o papel do conhecimento científico, e da Física e Química em particular, nas decisões de foro social, político e ambiental” (DES., 2001, p.6); “desenvolver uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia, do Ambiente e da Sociedade [e] ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos” (DES., 2001, p.7). Nos objectivos gerais desta disciplina, refere-se, entre outros, o desenvolvimento de “capacidades de trabalho em grupo: confrontação de ideias, clarificação de pontos de vista, argumentação e contra-argumentação na resolução de tarefas, com vista à apresentação de um produto final” (DES., 2001, p.8). Nas sugestões metodológicas, do mesmo programa, afirma-se que deve ser proporcionada aos alunos a abordagem de problemas que “poderão consistir em questões abertas de aplicação dos conceitos e leis a situações do quotidiano” (DES., 2001, p. 10). A abordagem de tal tipo de problemas requer o desenvolvimento da capacidade de negociação sobre as possíveis soluções que correspondem a diferentes pontos de vista aceitáveis, constituindo, assim, um elemento favorável de transferência de competências argumentativas para o dia a dia.

Também no âmbito do Estudo Internacional PISA se afirma a preocupação de verificar se a experiência dos alunos na escola “culminou na compreensão dos processos científicos e na capacidade de aplicar conceitos científicos que os capacitam para tomar decisões” (Ramalho, 2003, p. 5). No âmbito deste mesmo estudo é dada relevância à argumentação e à preparação para a tomada de decisões, visto que se afirma a importância de os alunos adquirirem a “capacidade de comunicar os seus argumentos de uma forma efectiva a públicos específicos, dado que, de outra forma não terão voz nos assuntos debatidos na sociedade” (Ramalho, 2003, p.5). No relatório relativo ao terceiro ciclo deste estudo internacional constata-se também a preocupação de verificar se os alunos apresentam consciência do modo como as ciências e a tecnologia influenciam os ambientes material, intelectual e cultural das sociedades e vontade de envolvimento em questões relacionadas com as ciências e com o conhecimento científico, enquanto cidadãos conscientes (Pinto-Ferreira, 2007). Assim, a capacidade de argumentar e a capacidade de tomar decisões são considerados elementos chave na educação para a cidadania que é uma preocupação que está presente na educação em ciências no nosso país.

1.2.2. As actividades laboratoriais e o desenvolvimento de competências argumentativas dos alunos

As actividades laboratoriais ocupam uma parte do tempo dedicado ao ensino das ciências, mas a eficácia destas actividades tem suscitado muitas dúvidas. Recentemente, Kang & Wallace (2005) afirmaram mesmo que tal eficácia ainda não estava claramente demonstrada. Na verdade, o trabalho laboratorial abrange um conjunto variado de actividades, com diferentes objectivos e estrutura, cuja eficácia relativa depende do objectivo de aprendizagem em causa. Por essa razão, Millar, Tiberghien e Le Maréchal (2002) defenderam que é mais correcto falar da eficácia de um dado tipo de actividade laboratorial, do que da eficácia do trabalho laboratorial como um todo. Acresce que, esta falta de eficácia, do trabalho laboratorial, pode estar associada à existência de alguma confusão terminológica que leva à não diferenciação, em termos de objectivos de aprendizagem, das diferentes actividades laboratoriais. Por esta razão, e pelo lugar central que ocupa nesta tese, torna-se necessário clarificar o significado de trabalho laboratorial e actividade laboratorial, bem como a sua relação com os conceitos de trabalho prático, trabalho experimental e investigação.

De acordo com Hodson (1988) e Leite (2001), trabalho prático é o conceito mais abrangente, visto incluir todas as actividades em que os alunos estejam activamente envolvidos. Hodson (1988) considerou que o trabalho prático inclui o trabalho laboratorial e que este pode ser realizado com uma grande variedade de propósitos e de estilos, um dos quais é trabalho experimental. Contudo, o trabalho experimental pode ser realizado noutro ambiente, por exemplo integrado no trabalho de campo ou num ambiente multimédia. Assim, nesta tese, seguindo Leite (2001), será adoptada a terminologia seguinte:

- Trabalho laboratorial (TL) - conjunto de actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório e que são realizadas no laboratório ou, caso necessário, numa sala normal, desde que sejam salvaguardadas as condições de segurança;
- Trabalho de campo (TC) - conjunto de actividades de campo realizadas num ambiente em que os fenómenos ocorrem naturalmente;

- Trabalho experimental (TE) - conjunto de actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e podem ser realizadas no laboratório, no campo ou, por exemplo num ambiente multi-media;
- Investigações (I) - actividades de resolução de problemas que podem ser resolvidas no laboratório, no campo ou em outro ambiente. Neste tipo de actividade, os alunos têm que encontrar uma estratégia para resolver um problema, pô-la em prática e ainda avaliá-la e reformulá-la, caso seja necessário (Leite, 2001);

Leite, em 2002, apresentou um esquema em que tornou explícito que o trabalho prático inclui, entre outros, o trabalho laboratorial e o trabalho de campo. Por seu lado, as investigações podem, segundo esta autora, ser realizadas no laboratório, no campo ou em outros contextos e podem envolver, ou não, controlo e manipulação de variáveis. As experiências podem também ser realizadas no laboratório, no campo ou em outros ambientes e podem estar associadas a investigações. Consequentemente, e ao contrário do que por vezes se pensa, há trabalho laboratorial e trabalho de campo que não é de tipo experimental nem de tipo investigação. Distinguir estes conceitos é importante não por uma mera questão terminológica mas porque cada um destes tipos de actividades tem exigências diferentes para quem as realiza e permite, por conseguinte, aos alunos desenvolver competências diferentes.

Ao longo dos anos têm sido elaboradas várias taxonomias de actividades laboratoriais (Kang & Wallace, 2005). Woolnough (1983) e Woolnough e Allsop (1985) classificaram as actividades laboratoriais em três tipos: Exercícios, Experiências e Investigações. As investigações tinham em vista desenvolver nos alunos a capacidade de resolução de problemas trabalhando como os cientistas cuja actividade central é a resolução de problemas reais. A designação de experiências foi atribuída às actividades que visavam o desenvolvimento da percepção e sensibilidade para os fenómenos e que, segundo os autores, poderiam ser breves e de tipo qualitativo ou semi-qualitativo. A designação exercícios dizia respeito à aquisição de técnicas/destrezas laboratoriais, que, segundo os autores, não deviam constituir um fim em si mesmo pois são uma condição necessária para a concretização da resolução dos problemas. Depois desta classificação surgiram outras taxonomias e/ou tipos de actividades. Um novo tipo de actividade laboratorial tem a ver com as actividades Prevê-Observa-Explica propostas por Gunstone (1991) e que, posteriormente, foram adaptadas para Prevê-Observa-Explica-Reflecte, por Leite (2001). Nestas actividades os alunos são colocados perante

uma questão que os torna conscientes das suas ideias prévias, as quais são depois confrontadas com dados empíricos que permitem apoiá-las (caso sejam correctas) ou enfraquecê-las (caso sejam erradas).

Segundo Leite (2001), as actividades laboratoriais diferem entre si em três aspectos: o modo como são estruturadas (questões que colocam e orientações que fornecem ao aluno); o modo como se integram na sequência de ensino (antes ou depois do conhecimento conceptual relevante); e o tipo de conhecimento que permitem desenvolver, ou seja, a sua capacidade para promover o desenvolvimento conceptual (conceitos, princípios e leis) ou para promover conhecimentos procedimentais específicos, ou ainda, a compreensão do processo através do qual os cientistas constroem o conhecimento. Assim, Leite (2002) com base em taxonomias propostas por outros autores, agrupou as actividades laboratoriais em seis tipos, cada um dos quais permite alcançar diferentes objectivos e desenvolver nos alunos diversas competências: Exercícios - visam o desenvolvimento de *skills* e técnicas laboratoriais; actividades para Aquisição de Sensibilidade acerca dos fenómenos - são apenas baseadas nos sentidos e ajudam a ter noção do conceito ou princípio em estudo; actividades Ilustrativas - estruturadas de modo a conduzir a um resultado previamente conhecido dos alunos, confirmando que ele é verdadeiro; actividades orientadas para a Determinação do que Acontece - são estruturadas de modo a conduzir os alunos a um resultado pretendido mas que eles desconheciam à partida, levando-os, por isso, a construir conhecimentos 'novos'; actividades Prevê-Observa-Explica-Reflecte - promovem a reconstrução do conhecimento pelos alunos, podendo indicar-lhes, ou não, o procedimento a seguir para o conseguirem; Investigações - conduzem à construção de novos conhecimentos conceptuais e ao desenvolvimento de conhecimentos procedimentais e epistemológicos, à custa de um processo de resolução de problemas. Na verdade, ao realizarem uma investigação, além de construírem conhecimentos conceptuais 'novos', os alunos podem desenvolver competências de resolução de problemas e adquirir alguma compreensão sobre os processos usados na construção do conhecimento científico e sobre a natureza das ciências. As investigações, por não serem apoiadas por um protocolo, são as actividades de maior grau de abertura (Tamir, 1991), ou seja que exigem que o aluno participe activamente durante as diversas fases da actividade, tomando decisões de diversa natureza.

Apesar das vantagens educativas que apresentam, as investigações, enquanto actividades de maior grau de abertura, não têm sido utilizadas com frequência no ensino das ciências (Hofstein & Luneta, 2002). No início da década de noventa, Tamir (1991) referiu que, na maioria dos casos, se ficava por um tipo de actividades em que a ênfase era colocada em actividades de baixo grau de

abertura, em que o aluno só tinha que recolher dados, visto que o problema, o procedimento e as conclusões lhe eram fornecidas. Como consequência, que os estudantes consideravam o laboratório um lugar onde faziam coisas interessantes, mas em que faltava compreender a relação entre aquilo que faziam e a teoria.

Também, no âmbito do projecto *Improving Science Education: issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe - Labwork in Science Education*, subsidiado pela Comissão Europeia, foi constatado que o trabalho laboratorial incluindo actividades com elevado grau de abertura é escasso. Constatou-se, ainda, em nove países europeus, que as razões que levam a seguir um dado procedimento nem sempre são conscientes para os estudantes, que estes raramente podem tomar decisões e que existem mais semelhanças, quer entre disciplinas quer entre países, do que aquilo que seria de esperar, atendendo às diferenças entre os diversos sistemas educativos (Séré *et al.*, 2005)

O recurso sistemático a actividades laboratoriais que não dão aos alunos oportunidades para reflexão e debate contribui para a construção de uma ideia incorrecta sobre as ciências, pois fortalece uma imagem das ciências como uma colecção, não problemática, de factos (Sanmarti, 1997; Solomon, 1998; Newton, Driver & Osborne, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002), que resulta da aplicação de um conjunto de regras e de uma sucessão linear de descobertas. Newton, Driver e Osborne (1999) chamaram a atenção para o facto de uma percentagem mínima de tempo de aula ser dedicada a promover a discussão entre os alunos, talvez porque, como sugerem Von Aufchnaiter *et al.* (2008), os professores se mostram constrangidos na promoção de discussões entre alunos. Acresce que a investigação tem vindo a mostrar que os estudantes têm dificuldade em usar argumentos para defender uma explicação, tornando-se necessário que aprendam mais sobre a maneira como os cientistas avançam as suas conclusões e como seleccionam e avaliam as evidências necessárias para justificar uma ideia (Kelly & Chen, 1999; Osborne, 2002; Sandoval & Reiser, 2004; Simon, Osborne & Erduran, 2003). Na verdade, no que toca à evidência empírica, os alunos demonstram dificuldades em interpretar as que lhes são fornecidas (Sandoval & Reiser, 2004), concentram-se, apenas, em alguns dados e ignoram outros e nem sempre seleccionam os que constituem evidências das explicações pretendidas (Leite & Afonso 2004). Sendo assim, torna-se necessário que se passe a valorizar mais o facto de o trabalho laboratorial proporcionar evidências capazes de apoiar as conclusões que se pretende defender (Driver, Newton & Osborne, 2000) e que os alunos discutam sobre como usar os dados recolhidos para obterem evidências e também avaliem as evidências que usam para apoiar as conclusões que

elaboram (Watson & Swain, 2004). Embora não seja de esperar que a discussão, por si só, possa contribuir para a construção de novo conhecimento, no sentido de que este possa emergir directamente da discussão (Von Aufchnaiter *et al.*, 2008), as discussões entre os estudantes quando estes avaliam as evidências podem constituir uma oportunidade para se iniciarem na compreensão dos critérios que a comunidade científica usa para decidir o que é um bom argumento em ciências e, por isso, fazem parte de uma educação em ciências com qualidade (Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Newton, Driver, & Osborne, 1999; Sampson & Clark, 2008). Em síntese, parece consensual que as práticas argumentativas desenvolvidas no contexto da actividade laboratorial podem contribuir para que os alunos compreendam os conceitos e teorias científicas, o uso da evidência empírica e, também, para que adquiram alguma percepção da natureza do empreendimento científico (Bricker & Bell, 2008). Assim, torna-se necessária uma mudança de perspectiva no que respeita ao modo como as actividades laboratoriais são usadas e integradas na educação em ciências, a fim de que sejam exploradas todas as potencialidades das mesmas.

Para a concretização de uma mudança de perspectiva, pode contribuir a realização de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura. Estas permitem que os alunos sejam encorajados a tomar decisões, a reflectir e negociar as suas interpretações e, por conseguinte, podem contribuir, não só para a construção pessoal e social do conhecimento (Hodson & Hodson, 1998), mas também para a compreensão dos processos e métodos das ciências. Mas esta negociação de interpretações só é possível se os alunos forem capazes de defender os seus pontos de vista, fundamentando-os devidamente e, para isso, eles precisam de oportunidades de interacção com os pares e o professor, através, nomeadamente de discussões, justificações, uso de analogias, ilustrações, explicações, etc. Estas formas através das quais os alunos podem interagir fazem parte do processo de argumentação e devem ser utilizados em situação de sala de aula, a fim de que os alunos desenvolvam a sua habilidade para compreender, construir e avaliar argumentos (Patronis *et al.*, 1999). Todos estes aspectos podem ser desenvolvidos nas actividades laboratoriais com elevado grau de abertura, em particular nas investigações, que não devem ser actividades a realizar individualmente, mas antes actividades a realizar em grupo de modo a que os estudantes trabalhem em conjunto e tomem decisões em ordem à concretização da investigação (Watson & Swain, 2004). Se, no ensino, a actividade de tipo investigação for realizada a título individual, isso será impeditivo do desenvolvimento da argumentação, aspecto fundamental na prática dos cientistas (Driver, Newton & Osborne, 2000) que realizam investigação.

Tem vindo a ser defendido que os sistemas de aquisição e tratamento de dados (SATD) podem facilitar a criação de condições para a utilização de actividades com elevado grau de abertura incluindo a realização de investigações no laboratório de ensino das ciências (Rogers, 2005). Na verdade, ao possibilitarem que recolha e o tratamento de dados ocorram em simultâneo, permitem ao aluno, ainda em simultâneo com a recolha, ir fazendo a interpretação dos dados obtidos (Leite, 1999). Assim, o SATD é uma ferramenta com interesse específico para uso no laboratório de ciências, dado que a sua utilização, além de constituir um contributo para a resposta às preocupações de alfabetização informática, tem, entre outras, a vantagem de economizar tempo e permitir observar o fenómeno e, simultaneamente, a representação do mesmo (Leite, 1999). Além disso, numa revisão de literatura sobre actividade laboratorial assistida por SATD, Nakhleh (1994) refere que o uso destes sistemas promove a interacção entre alunos, a compreensão de gráficos, a aprendizagem de conteúdos conceptuais, bem como a compreensão da natureza da experimentação em ciências. Todavia, na generalidade dos estudos referidos por Nakhleh (1994), o uso de tais sistemas decorreu em contexto de actividades com elevado grau de abertura, e foi neste tipo de contexto que foi construída a argumentação a favor das vantagens referidas, sem que houvesse comparação com outros tipos de actividades.

Com a implementação da Reorganização Curricular do Ensino Básico (RCEB), em 2001, foram criadas, em Portugal, melhores condições para a realização de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura, dado que as aulas passaram a ser de 90 minutos. No Currículo Nacional do Ensino Básico considera-se fundamental a realização de actividades laboratoriais que, nos segundo e terceiro ciclos, devem ser planeadas com os alunos “decorrendo de problemas que se pretende investigar” (DEB, 2001b, p. 131) e não ser “a simples aplicação de um receituário” (DEB, 2001b, p. 132). Defende-se, ainda, que sejam dadas aos alunos oportunidades de “Analisar, interpretar e avaliar evidência [e de] Aprender a construir argumentos persuasivos a partir de evidências” (DEB, 2001b, p. 130).

No entanto, não têm sido constatadas diferenças relevantes entre o que se passava antes e o que se passa depois da RCEB (Dourado & Leite, 2006). Os professores continuam a recorrer a protocolos por si construídos ou extraídos de manuais, sendo reduzida a percentagem de professores que constrói protocolos laboratoriais conjuntamente com os alunos (Leite & Dourado, 2005). Acresce ainda que a maioria dos professores utiliza as actividades laboratoriais para confirmar ou ilustrar a teoria previamente apresentada, não fomentando uma verdadeira integração da teoria com as actividades laboratoriais (Leite & Dourado, 2005) e, conseqüentemente, não

tirando o máximo partido das actividades laboratoriais para desenvolver competências de análise, interpretação e avaliação das evidências nem a construção de argumentos a partir das mesmas.

No que diz respeito ao ensino secundário, depois da implementação dos novos programas decorrentes da Revisão Curricular do Ensino Secundário, ao contrário do que acontecia antes, não existe qualquer disciplina dedicada unicamente às práticas laboratoriais. No entanto, a disciplina de Física e Química A tem duas horas semanais consagradas às actividades de laboratório que estão integradas nos conteúdos curriculares da disciplina. Nos programas de 10º e 11º anos argumenta-se que o trabalho laboratorial é “uma componente importante e fundamental para a formação em ciências e sobre ciências” (DES., 2001, p.10). Além disso, recomenda-se que os trabalhos a desenvolver pelos alunos decorram “num contexto de investigação dirigida, não se advogando a execução sujeita a protocolos rígidos” (DES., 2001, p. 54). No entanto, tal como foi constatado para o ensino básico, também no caso do ensino secundário, uma investigação realizada por Ramalho (2008) mostrou que, em cerca de uma centena de professores do ensino secundário, predominou a opção pela utilização de actividades laboratoriais para confirmar ou para ilustrar a teoria previamente leccionada, e que a concretização das actividades foi, frequentemente, referida como sendo apoiada por protocolos laboratoriais extraídos de manuais escolares. Sabendo que as actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares, inclusivamente do ensino secundário (Cunha, 2002), são geralmente bastante fechadas, não parece muito provável que esteja em curso uma adequada implementação do espírito do programa.

Também a utilização das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação, nomeadamente de Sistemas de Aquisição e Tratamento de Dados (SATD), tem vindo a ser recomendada pelo Ministério da Educação. No Currículo Nacional do Ensino Básico, entre as experiências de aprendizagem cuja vivência se considera fundamental, encontra-se: “Comunicar resultados de pesquisas e de projectos, expondo as suas ideias e as do seu grupo, utilizando audiovisuais, modelos ou as novas tecnologias de informação e comunicação” (DEB, 2001a, p. 132). No ensino secundário, no novo programa da disciplina de Física e Química A, é recomendada a utilização das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação, afirmando-se mesmo que uma das finalidades da disciplina de Física e Química A é “melhorar as capacidades de comunicação escrita e oral dos alunos, utilizando suportes diversos, nomeadamente as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)” (DES, 2001, p.7). Sugere-se ainda o uso dos SATD ou, em alternativa, de calculadoras gráficas. Na verdade, é referida a possibilidade de, em alternativa ao uso de instrumentos de medida

tradicionais, serem usados “sensores e interfaces ligados a computadores ou a calculadoras gráficas, de acordo com as disponibilidades das escolas” (DES, 2001, p. 57).

Dado que grande parte do tempo em laboratório é ocupado com a manipulação de aparelhos e a realização das medições, em vez de ser aproveitado para relacionar o que se passa no laboratório com os conhecimentos teóricos (Bisdikian & Psillos, 2002), e que a utilização do SATD pode libertar o aluno de algumas tarefas repetitivas, permitindo-lhe economizar tempo que pode ser rentabilizado em debates entre alunos, para fazerem as suas previsões, para confrontarem estas com os resultados obtidos, bem como com os modelos e teorias em que apoiam as suas explicações e ainda para defenderem os seus pontos de vista, interessa averiguar se as vantagens que alguns autores atribuem ao SATD estão efectivamente relacionadas com a análise dos dados em tempo real ou se resultam da oportunidade de interacção entre os alunos promovida pelo recurso a actividades com grau de abertura elevado.

1.3. Objectivos do estudo e questões de investigação

Diversos estudos sugerem que as práticas argumentativas dos alunos desenvolvem a sua capacidade para comunicar e justificar as suas ideias, contribuindo positivamente para a sua formação enquanto cidadãos (Sanmarti, 1997; Solomon, 1998; Newton, Driver & Osborne, 1999; Patronis *et al.*, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002) e promovem, também, a compreensão dos conteúdos científicos e a percepção do que é o conhecimento científico fundamentado das leis, teorias e outras ideias importantes em ciências (Sampson & Clark, 2008; Bricker & Bell, 2008). Por outro lado, os resultados de algumas investigações (Adams & Shrum, 1990; Friedler, Nachimias & Linn, 1990; Friedler & McFarlane, 1995; Leite, 1999; Linn & Songer, 1991; Mokros & Tinker, 1990; Nakhleh, 1994; Rogers, 2005) apresentam a utilização de SATD como potenciadora da apropriação de conteúdos conceptuais pelos alunos, sendo alguns destes resultados obtidos através da realização de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura. Neste contexto, coloca-se a necessidade de clarificar se tais efeitos decorrem da realização de actividades laboratoriais de grau de abertura elevado ou se estão associados ao uso do SATD, pelas condições de recolha e tratamento simultâneo de dados que este equipamento providencia. Assim, são dois os objectivos da presente investigação:

- Averiguar se as actividades laboratoriais de grau de abertura elevado têm efeitos positivos na apropriação dos conteúdos conceptuais, se promovem a qualidade das interacções verbais e

de práticas de argumentação entre os alunos, e se favorecem a compreensão dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências (designadamente hipótese, evidência, teoria, conclusão e argumento);

- Averiguar, também, se os efeitos, obtidos com a realização de actividades laboratoriais de grau de abertura elevado, são reforçados quando as condições tradicionais de recolha e tratamento de dados são substituídas pelo SATD, ou seja, se a utilização do SATD favorece, relativamente aos instrumentos tradicionais, a apropriação dos conteúdos conceptuais, a qualidade das interacções verbais e de práticas de argumentação entre os alunos, e a compreensão de conceitos associados à argumentação em ciências.

Para a prossecução destes objectivos será necessário comparar os resultados obtidos por alunos que realizam actividades com elevado grau de abertura e utilizam o SATD, com os resultados obtidos por outros alunos que também utilizam o SATD e realizam as mesmas actividades, mas orientadas por protocolos fechados. Através desta comparação se procurará, relativamente às actividades laboratoriais em que se utiliza o SATD, encontrar resposta para as seguintes questões de investigação:

- O grau de abertura das actividades laboratoriais influencia a aprendizagem dos conceitos pelos alunos?
- O grau de abertura das actividades laboratoriais influencia o desenvolvimento das ideias dos alunos relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências?
- O grau de abertura das actividades laboratoriais influencia a qualidade das interacções verbais e práticas argumentativas entre os alunos?

Também será necessário comparar os resultados obtidos por alunos que utilizem SATD em actividades com elevado grau de abertura com os resultados obtidos por outros alunos que realizem as mesmas actividades, com idêntico grau de abertura, mas usando instrumentos tradicionais. Através desta comparação se procurará, relativamente às actividades laboratoriais com elevado grau de abertura, encontrar resposta para as seguintes questões de investigação:

- O uso do STAD influencia a aprendizagem dos conceitos científicos pelos alunos?
- O uso do STAD influencia o desenvolvimento das ideias dos alunos relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências?

- O uso do STAD influencia a qualidade das interacções verbais e das práticas argumentativas entre os alunos?

No que diz respeito à primeira comparação seria de esperar que fossem detectadas, entre o grupo que realiza actividades abertas e o grupo que realiza as mesmas actividades orientados por protocolos fechados, diferenças favoráveis na apropriação, pelos alunos, dos conteúdos científicos e dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências, bem como nas interacções verbais e práticas argumentativas. No que diz respeito à segunda comparação, esperava-se que os grupos que utilizam o STAD, depois de familiarizados com esta tecnologia, executassem as suas actividades mais rapidamente, e que, estando a realizar actividades de grande grau de abertura, utilizassem o tempo disponível, não necessário para recolha de dados nem para construção de gráficos, para se dedicarem ao diálogo, produzindo argumentos bem fundamentados no confronto de seus pontos de vista e na apresentação das suas conclusões.

1.4. Importância da investigação

No contexto anteriormente apresentado, constata-se que as práticas pedagógicas que fomentam a argumentação poderão estar no cerne de uma efectiva educação em ciências. Tais práticas, por um lado, são fundamentais para a educação, em geral, e para o exercício da cidadania em particular, e, por outro lado, podem contribuir para que os alunos apreendam criticamente a natureza e validade da evidência científica, e a dependência social e cultural do empreendimento científico (Newton, Driver & Osborne, 1999). Há cerca de uma década, Patronis *et al.* (1999) afirmaram que a qualidade dos argumentos dos estudantes no processo de defesa dos seus pontos de vista ou na crítica dos pontos de vista alheios não tinha sido examinada de modo sistemático. Em particular, no que diz respeito aos pensamentos e comentários verbais dos alunos na situação de laboratório, Newton, Driver e Osborne (1999) afirmaram que ainda se sabia muito pouco.

No âmbito dos estudos sobre educação em ciências, vieram a tornar-se frequentes as preocupações com a necessidade de criar ambientes que favoreçam o debate e a argumentação. Também tem sido realçado o importante contributo das investigações que privilegiam a análise da dimensão discursiva nos processos de ensino e aprendizagem de ciências (Villani & Nascimento, 2003), pois o papel da linguagem, em situações reais de sala de aula, é considerado um elemento fundamental na aprendizagem do conhecimento científico na escola. Actualmente, constata-se que

um dos importantes domínios da investigação contemporânea, em educação em ciências, diz respeito ao envolvimento dos estudantes no processo de reflexão sobre a natureza da argumentação científica (Hofstein & Lunetta, 2003; Pouliot, 2008). Também a investigação centrada na análise dos argumentos dos estudantes e na forma como estes aprendem a argumentar se tem vindo a tornar uma área de grande interesse na investigação educacional (Sampson & Clark, 2008; Pouliot, 2008).

Em Portugal, no entanto, não tem abundado a investigação orientada neste sentido. Conhece-se uma investigação, realizada na Universidade do Minho por Tânia Lima (2008), que incidiu sobre a qualidade de argumentos, acerca do Efeito Estufa, produzidos por 90 alunos do 9º ano da Região Autónoma da Madeira. Os resultados desta investigação mostraram que a maior parte dos alunos foi capaz de produzir argumentos alicerçados em diferentes tipos de fundamentos, quando lhes foram disponibilizadas informações teóricas e empíricas, e que os alunos que apresentaram argumentos de maior qualidade formal são os que apresentaram melhor aproveitamento escolar nas disciplinas de Português e Ciências Físico-Químicas. Há também a investigação realizada por Pedro Reis (2004), que envolveu um grupo de professoras e alguns dos seus alunos de 11º ano na disciplina de Ciências da Terra e da Vida, e a investigação realizada por Reis e Galvão (2008), que envolveu duas professoras que leccionavam, no 11º ano, a disciplina de Biologia e Geologia. Em ambas as investigações, foram identificados factores inerentes aos professores, aos alunos, e ao sistema educativo que afectaram a congruência entre as concepções das professoras e a sua prática, no que respeita à opção de promover, ou não, a discussão de questões sociocientíficas controversas em contexto de sala de aula.

Pelas razões apontadas, se considerou que seria relevante o desenvolvimento de uma investigação centrada nas dificuldades que os alunos revelam na prática da argumentação e no desenvolvimento desta competência em particular em sala de aula e em contextos laboratoriais.

De acordo com as questões de investigação, o presente estudo pretende contribuir para que possa ser melhor conhecida e compreendida a forma como diferentes condições laboratoriais, nomeadamente no que respeita ao grau de interacção entre os alunos, podem promover a compreensão de conteúdos curriculares, bem como a compreensão de conceitos relacionados com a argumentação em ciências e, ainda, com a forma como podem influenciar a qualidade dos argumentos dos alunos. Ao contrário de grande parte da investigação sobre os argumentos dos estudantes que, segundo Sampson e Clark (2008), tem incidido mais na identificação de padrões de argumentação do que sobre a focagem das razões que estão subjacentes a tais padrões, este segundo aspecto foi tido em conta na presente investigação. A comparação dos argumentos

produzidos em diferentes contextos de trabalho laboratorial, contribuirá para a identificação das condições de trabalho laboratorial que podem conduzir a argumentação de maior qualidade e que, por isso, deverão ser privilegiadas na escola.

A satisfação de tais preocupações, conduziu, entre outras, à necessidade de definir formas/estratégias para avaliar as interacções verbais e a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos. Assim, no âmbito do presente estudo, foram concebidos, elaborados e validados alguns instrumentos de análise das interacções verbais entre os alunos, bem como, das competências argumentativas dos mesmos que ficam disponíveis para futuros estudos.

1.5. Limitações do estudo

A presente investigação apresenta algumas limitações de natureza vária. O facto de o estudo ter como objectivo central a análise das práticas argumentativas dos alunos em ambiente natural de sala de aula condicionou, à partida, a selecção da amostra, pois esta teve de ser construída em função dos professores que se mostraram disponíveis para aderir. Além disso, a proposta de trabalho que se pretendia implementar implicava a receptividade dos professores e alunos ao registo áudio das suas conversas. Acresce que a monitorização das gravações foi feita pelos próprios alunos, o que por vezes deixa a dúvida sobre se os alunos gravaram, sempre, todas as discussões, se os grupos discutiram mais prolongadamente do que aquilo que o conteúdo das gravações apresenta, ou se a gravação os constrangeu originando discussões mais sintéticas.

Existem outras limitações relacionadas com a selecção da amostra, com a recolha de dados, com o facto de os três grupos de investigação não terem sido leccionados pelo mesmo professor, e com o tipo de análise de dados efectuada e que seguidamente são referidas.

A proposta de trabalho que se decidiu implementar era constituída por actividades laboratoriais relacionadas com os conteúdos programáticos da disciplina de Física e Química do 10º ano, que iria entrar em vigor no ano lectivo 2003/2004. Destinava-se a ser desenvolvida em diferentes contextos laboratoriais e devia estender-se por um intervalo de tempo relativamente extenso (mais do que um período lectivo) ao longo do qual se esperava que os alunos fossem adquirindo o hábito de discutir e fossem desenvolvendo a suas capacidades argumentativas. Este facto também teve implicações que condicionaram a investigação, pois a implementação de um trabalho com as características referidas não era compatível com os conteúdos programáticos da disciplina de Ciências Físico-Químicas e, por envolver um elevado número de aulas, também não

encontraria disponibilidade dos professores da disciplina de Física e Química. Sendo assim, só poderia ter aceitação na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física, implicando que as actividades também estivessem relacionadas com o currículo desta disciplina e que o trabalho empírico fosse desenvolvido no ano 2002/2003, último ano em que a disciplina vigorou. Assim, apenas foi solicitada a colaboração de professores que leccionavam Técnicas Laboratoriais de Física, o que reduziu o leque de professores disponíveis e, conseqüentemente, o tamanho da amostra acessível.

Para obter a uma amostra com uma dimensão razoável e aumentar a sua heterogeneidade de modo a aproximar as suas características e as da população de alunos do 10º ano, teve que ser realizada uma segunda fase de recolha de dados com recurso a alunos de professores que se disponibilizaram para tal, no ano lectivo 2003/2004. No entanto, a dimensão dos subgrupos que constituem a amostra continuou a ser relativamente reduzida e a não permitir a generalização dos resultados, o que constitui outra limitação do estudo.

Além disso, a impossibilidade de, no ano lectivo 2002/2003, os alunos de todos os grupos de investigação serem leccionados pelo mesmo professor, introduziu uma variável cujo efeito se procurou minorar. Para que as diferenças que poderiam vir a ser encontradas não tivessem que ser atribuídas à influência do professor, no ano lectivo 2003/2004 quando se procedeu ao alargamento da amostra, os alunos foram distribuídos pelos grupos de investigação de modo que cada grupo de investigação incluísse alunos provenientes de dois subgrupos leccionados por dois professores.

Por outro lado, há que considerar a existência de limitações inerentes às técnicas de recolha de dados e de análise dos mesmos. As técnicas de recolha de dados incluíram o inquérito por questionário, documentos elaborados pelos alunos (respostas às fichas de trabalho) e registos áudio das gravações das conversas dos mesmos. Apesar de terem sido desenvolvidas grelhas de análise e conjuntos de categorias de análise (que reduzem a subjectividade da mesma) e de as análises terem sido refeitas com um intervalo de tempo de pelo menos dez meses, não é possível garantir que esta tenha sido eliminada na análise nem do conteúdo das respostas ao questionário, nem dos registos das fichas de trabalho, nem dos registos áudio das conversas. No entanto, e apesar das limitações apresentadas, o estudo permitirá compreender melhor as competências de argumentação dos alunos e as condições necessárias ao seu desenvolvimento.

1.6. Estrutura da dissertação

A presente tese é constituída por cinco capítulos. O primeiro capítulo destina-se a contextualizar e apresentar a investigação realizada, depois de uma introdução (1.1), a contextualização geral da investigação (1.2), os objectivos e as questões de investigação (1.3), a importância do trabalho de investigação para o ensino das Ciências (1.4), as limitações (1.5) e, por último, a estrutura geral da tese (1.6).

O segundo capítulo tem como objectivo apresentar a fundamentação teórica da investigação realizada. Assim, depois de uma introdução (2.1.); no primeiro subcapítulo será abordada a origem e a evolução histórica dos estudos sobre argumentação e as concepções de argumentação de alguns autores da segunda metade do século XX (2.2.); de seguida aborda-se a complexidade de processo de elaboração do conhecimento científico e sua relação com a argumentação (2.3); o terceiro subcapítulo (2.4.) incide sobre as actividades laboratoriais e o uso do SATD; e o último subcapítulo (2.5.) centra-se nas práticas argumentativas e interacções verbais no ensino das ciências.

O terceiro capítulo tem como objectivo apresentar e fundamentar os procedimentos metodológicos implementados para responder às questões de investigação. Este capítulo, tal como os anteriores, é iniciado com uma pequena introdução (3.1), seguindo-se uma sinopse do estudo (3.2); uma breve descrição do estudo piloto (3.3); a justificação do desenho do estudo (3.4); a justificação da escolha da amostra (3.5); a caracterização dos tratamentos e metodologias de ensino (3.6); a caracterização das técnicas e instrumentos de recolha de dados (3.7); a descrição da recolha de dados (3.8); e por fim o tratamento dos dados (3.9).

No quarto capítulo, após a introdução (4.1), nos dois subcapítulos seguintes é apresentada a análise comparativa da evolução dos alunos dos três grupos de investigação, relativamente aos conteúdos conceptuais (4.2) e relativamente às ideias sobre os conceitos implicados na argumentação em ciências (4.3); no último subcapítulo (4.4) são analisadas as interacções verbais e práticas argumentativas dos alunos dos três grupos de investigação.

No quinto capítulo, após a introdução (5.1.), sintetizam-se as conclusões da investigação realizada (5.2); de seguida, discutem-se as implicações que os resultados deste trabalho de investigação trazem para a educação em ciências (5.3); e, por último, apresentam-se algumas sugestões para posteriores trabalhos de investigação (5.4).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Introdução

O objectivo deste capítulo é apresentar uma fundamentação teórica da investigação realizada. Tendo em conta as questões de investigação, foram considerados quatro subcapítulos. No primeiro subcapítulo (2.2), aborda-se a origem dos estudos e a evolução das concepções sobre argumentação, incluindo suas relações com a lógica e a retórica. No segundo subcapítulo (2.3) é abordada a complexidade de processo de elaboração do conhecimento científico e sua relação com a argumentação. Segue-se uma análise crítica do recurso a actividades laboratoriais na educação em ciências e discute-se o papel do SATD (2.4). O último subcapítulo centra-se na questão da promoção e da avaliação das práticas argumentativas e das interacções verbais no ensino das ciências (2.5).

2.2. Origem e evolução histórica dos estudos sobre argumentação

Este subcapítulo vai centrar-se na origem dos estudos sobre argumentação (2.2.1) e nas concepções de alguns autores, da segunda metade do século XX, sobre a argumentação (2.2.2).

2.2.1. A argumentação: da antiguidade até ao século XX

Segundo Breton (1998), no século V a.C., na zona da bacia mediterrânica, constata-se a emergência de um saber a que foi atribuída a designação de retórica. O autor comenta que, no início, a retórica era um saber algo magmático, na medida em que tanto incluía a argumentação, o raciocínio e a procura de uma ordem do discurso, como a manipulação das opiniões e das consciências. Barthes (1970) considera que a retórica comportou, simultaneamente ou sucessivamente, várias práticas, sendo considerada como uma arte de persuadir, um ensino, uma moral, uma ciência, uma prática social, uma prática lúdica. Segundo este autor, no século II a.C., quando os retóricos gregos chegam a Roma, as escolas de retórica fundem-se, organizando os discípulos por grupos etários, com a prática de dois tipos de exercícios: uma espécie de dissertações

persuasivas, para os mais novos, e controvérsias de tipo judiciário, para os mais velhos. Assim, a antiga retórica incluiu, durante muito tempo, o estudo da argumentação. Mais tarde, a história do saber e dos conhecimentos acumulados do âmbito da retórica veio a mostrar uma separação progressiva entre a arte de convencer, ou seja, a argumentação, e a estética da palavra ou seja, a retórica (Breton, 1998).

Barthes (1970) refere que a retórica medieval se alimentou, em parte, do antigo tratado de retórica, a *Rhetorica ad Herennium*, por alguns atribuído a Cícero. Mas, para Barthes (1970), Cícero é um orador que fala da arte da oratória, decorrente de uma pragmatização da teoria Aristotélica, sem trazer nada de novo relativamente a esta. Durante a Idade média assistiu-se ao jogo de três disciplinas, Retórica, Gramática e Lógica, com a liderança passando de uma para a outra: a Retórica, do séc. V ao VII, depois a gramática, do séc. VIII ao X, e, por fim, a lógica, do séc. XI ao XV, que relegou as outras para o lugar de parentes pobres (Barthes, 1970). Nos séculos XII e XIII constatou-se um conflito de escolas (a escola de Chartres desenvolveu, sobretudo, o ensino da gramática e opôs-se à escola de Paris, logicista e aristotélica), do qual resultou o domínio da lógica que absorveu a gramática e repudiou a retórica. Tendo em conta que, não só na Antiguidade, mas através dos tempos e até à actualidade, o pensamento de Aristóteles (séc. IV a. C.) é amplamente referido nos estudos sobre retórica e argumentação, vai ser feita uma breve referência ao seu trabalho e pensamento.

Segundo Barthes (1970), Aristóteles definiu a retórica como a arte de extrair de qualquer assunto o grau de persuasão que ele comporta ou a faculdade de descobrir, em cada caso, aquilo que pode ser capaz de persuadir. Trata-se de uma técnica que implica quatro tipos de operações que são as partes da arte retórica: estabelecer as provas; dispor estas provas ao longo do discurso, segundo uma certa ordem; colocar em forma verbal os argumentos; e colocar em cena o discurso, através de um orador que se transforma em actor. Para Barthes (1970), a retórica de Aristóteles é a retórica da prova e do silogismo aproximativo; trata-se de uma lógica voluntariamente degradada, adaptada ao nível do público, do senso comum e da opinião corrente. Mas a vasta obra de Aristóteles inclui, além da retórica, o raciocínio lógico do qual este autor é o primeiro organizador. Em 1977, Perelman (1993) refere que Aristóteles na sua obra *Tratados de Lógica - Organon* estabelece a distinção entre raciocínios analíticos e dialécticos. Os primeiros dizem respeito à lógica formal e os segundos podem ser mais ou menos fortes, mais ou menos convincentes, mas nunca são do âmbito da lógica formal. Na verdade, a obra *Tratados de Lógica - Organon* comporta os Analíticos (com duas partes Primeiros e Segundos Analíticos) que dizem respeito ao raciocínio

formal, e os Tópicos que dizem respeito aos raciocínios dialécticos. Para Aristóteles, um raciocínio é um discurso no qual, uma vez aceites certas proposições, se obtém, a partir do que já foi aceite, algo distinto. Um raciocínio demonstrativo parte de afirmações verdadeiras e primordiais enquanto os raciocínios dialécticos partem de proposições simplesmente plausíveis e não necessariamente verdadeiras. São verdadeiras ou primordiais as afirmações que têm credibilidade, não por outras, mas por si mesmas; ao contrário, são plausíveis as que parecem bem a todos, à maioria, aos sábios ou, entre estes, aos mais reputados.

Referindo-se ao trabalho desenvolvido nos Analíticos, Perelman (1993) afirma que, nessa parte do Organon, Aristóteles estudou formas de inferência válidas, que permitem inferir, a partir de premissas dadas, uma conclusão de forma necessária: se todos os A são B e se todos os B são C, daí resulta necessariamente que todos os A são C. Este tipo de inferência caracteriza-se por ser puramente formal (pois é válida seja qual for o conteúdo de A, B e C) e pelo facto de estabelecer uma relação entre a verdade das premissas e a conclusão. A inferência é válida seja qual for a verdade ou falsidade das premissas, mas a conclusão só é verdadeira se estas forem verdadeiras. Sendo a verdade uma propriedade das proposições, independente da opinião, estes raciocínios são considerados demonstrativos e impessoais.

De facto, nos Primeiros Analíticos, Aristóteles afirma que o silogismo é um discurso no qual algo diferente dos dados resulta necessariamente desses dados, sem que nenhum termo estranho seja requerido para produzir a conclusão que se impõe de modo necessário. Se a necessidade não resulta das premissas inicialmente colocadas e se são requeridas outras, o silogismo é imperfeito. Aristóteles designa por silogismo perfeito aquele que não precisa de nada mais do que aquilo que é colocado nas premissas e define premissa como sendo uma frase que afirma ou nega alguma coisa. A afirmação pode ser universal, particular ou indefinido e pode fazer uma atribuição simples, necessária ou contingente. Estas características da atribuição devem-se ao facto de existirem afirmações que são certas, mas não necessariamente, e de ser contingente aquilo que acontece muitas vezes, mas não necessariamente, podendo ser indeterminado. Visto haver diferença entre estas atribuições, existem silogismos diferentes para cada uma delas.

Nos Segundos Analíticos pode constatar-se que Aristóteles considera que a ciência demonstrativa deve partir de premissas que sejam verdadeiras, primeiras, imediatas e mais conhecidas do que a conclusão da qual elas são a causa. As premissas devem ser as causas da conclusão, ser mais conhecidas do que esta e anteriores a esta. Devem ser causas porque não se tem a compreensão de algo se não no momento em que se sabe a causa. Devem ser anteriores por

serem as causas, e também por serem anteriores do ponto de vista do conhecimento (por serem conhecidas antes da conclusão). Para Aristóteles, nem todo o silogismo é uma demonstração, mas a demonstração é um tipo de silogismo, o silogismo científico, que é diferente do silogismo dialéctico e retórico. Aristóteles considera que todo o ensinamento obtido por via do raciocínio vem do conhecimento pré-existente e que isto é válido, também, para os raciocínios dialécticos, quer sejam feitos por silogismo (tomando premissas conhecidas e aceites pelos adversários ou, pelo menos, supostas como tal) quer sejam feitos por indução (provando o universal pela evidência do particular). Defende, ainda, que é da mesma maneira que os argumentos retóricos produzem a persuasão, quer recorram a exemplos que usam uma forma de indução, quer usem uma espécie de silogismo como os Entimemas. Estes têm carácter retórico, mais propriamente, são para-silogismos que, ao contrário do que acontece com os silogismos propriamente ditos, são convincentes mas não irrefutáveis e podem ter premissas que são apenas subentendidas (Santos, 1989). Estas premissas são necessárias para chegar à conclusão, mas só estão tacitamente e não explicitamente apresentadas como parte do argumento e a sua identificação é uma tarefa que faz parte da análise dos argumentos (Walton, 1989).

Nos Tópicos, Aristóteles afirma o propósito de encontrar um método a partir do qual seja possível raciocinar sobre qualquer problema que seja apresentado a partir de coisas plausíveis. Para este autor, um problema dialéctico é uma questão acerca da qual ou não se tem nenhuma opinião, ou a maioria tem opinião contrária aos sábios, ou sobre a qual existem discrepâncias no seio da maioria ou no seio dos sábios. São também problemas dialécticos aquelas questões sobre as quais existem argumentações contrárias e aquelas relativamente às quais, por serem muito amplas, não existem argumentos. Nos Segundos Analíticos, Aristóteles distingue a premissa demonstrativa da premissa dialéctica, mas afirma que a produção do silogismo é idêntica. Na premissa demonstrativa, toma-se uma das duas partes da contradição, enquanto que na premissa dialéctica, se pede ao adversário para escolher entre as duas partes da contradição, ou seja, entre a afirmação e a negação. Quer se demonstre quer se interrogue, a produção do silogismo é idêntica, mas no raciocínio dialéctico, que envolve escolhas, é produzida uma asserção sobre a aparência e o provável. “O raciocínio dialéctico é considerado como paralelo ao raciocínio analítico, mas trata do verosímil em vez de tratar de proposições necessárias” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 13).

Comentando o pensamento de Aristóteles, Perelman (1993) afirma que as premissas dos raciocínios dialécticos são opiniões aceites, aceitáveis ou razoáveis. O termo aceitável está associado a um aspecto qualitativo, pois, em certos casos, aquilo que é geralmente aceite é verosímil, mas não

se deve confundir verosimilhança com uma probabilidade calculável. Do ponto de vista de Aristóteles, os raciocínios dialécticos têm o propósito de convencer, partindo do que é aceite, com o fim de fazer aceitar outras teses que podem ser controversas; incidem sobre a opinião, não são impessoais e não consistem em inferências válidas e constringentes; consistem em argumentações visando a aceitação ou rejeição da tese em debate, através da apresentação de argumentos que não são puramente formais (Perelman, 1993). A dialéctica é uma arte do discurso vivo, sem sujeição a um mestre, cuja vitória não está predeterminada; é uma batalha de silogismos em que Aristóteles coloca em cena dois parceiros que são os dois arguentes (Barthes, 1970). De acordo com Perelman (1993), pode dizer-se que os raciocínios analíticos incidem sobre a verdade e os raciocínios dialécticos sobre a opinião e que, ao contrário do que acontece com a argumentação, a demonstração é universal. Perelman (1993) comenta que, para Aristóteles, o recurso à argumentação impõe-se nas disciplinas relacionadas com a vida prática, ou seja, em situações concretas onde as escolhas e as controvérsias são inevitáveis, e que também é preciso recorrer aos raciocínios dialécticos quando os princípios de uma ciência são contestados ou quando se discute uma definição.

Com base em fontes da Idade Média, Barthes (1970) refere que a obra de Aristóteles (séc. IV a. C.) penetrou nesta época histórica, uma primeira vez, nos sécs. V e VI, uma segunda vez, em força, nos sécs. XII e XIII (no séc. IX toda a obra de Aristóteles estava traduzida em Árabe e no séc. XII foi possível dispor de traduções integrais, quer do grego quer do árabe, dos Tópicos e das Refutações, dos Analíticos, da Física e da Metafísica) e, ainda, uma terceira vez, no séc. XVI, em Itália, e no séc. XVII, em França. A Poética de Aristóteles, pouco conhecida na Idade Média, foi traduzida em 1550 por um grupo de eruditos italianos e entrou em França durante o séc. XVII. Barthes (1970) classifica a geração de 1630 como sendo a geração dos devotos de Aristóteles e afirma que a Poética dá ao Classicismo Francês o seu elemento principal, funcionando como o código da criação literária. Contudo, a retórica aristotélica é anterior à fusão das artes retóricas e das artes poéticas. Após esta fusão, que está na origem da literatura, os grandes retóricos passam a ser os poetas. Enquanto que a retórica aristotélica coloca a ênfase no raciocínio, na totalização poética acontece o contrário: a retórica não se identifica com as questões de prova mas com as de natureza e estilo (Barthes, 1970). Assim, segundo Barthes (1970), a retórica que, no séc. XVII, triunfa no ensino jesuítico, visando apenas o aperfeiçoamento do estilo, já não é uma lógica; passa a ser um ornamento e não um raciocínio para convencer. Perelman (1993) refere-se às causas da morte da retórica apontando o facto da técnica do discurso persuasivo ter desaparecido do horizonte

intelectual e a retórica antiga ter sido substituída por uma retórica de figuras, dedicando-se à classificação das diversas maneiras com que se pretendia ornamentar o discurso.

Barthes (1970) classifica a retórica como uma metalinguagem que reinou no Ocidente desde o séc. V a.C. até ao séc. XIX mas que deve ser analisada no jogo estrutural das suas 'vizinhas' (Gramática, Lógica e Filosofia). Durante dois mil e quinhentos anos, a retórica constituiu o centro de todo o ensino, mas no fim do século XIX, quer como matéria de ensino quer como corpo de saber, a retórica desapareceu dos programas escolares e universitários (Breton, 1998). Todavia, este autor sublinha que o declínio da retórica e o esquecimento da teoria da argumentação começaram muito antes do século XIX. Segundo Santos (1989), a longa tradição da retórica no pensamento ocidental foi interrompida com a filosofia de Descartes, no séc. XVII. Dada a influência que a filosofia cartesiana exerceu nos últimos três séculos, a retórica sobreviveu apenas nos estudos literários e eclesiásticos (Santos, 1989). De facto, numa época em que em nome de dogmas e de certezas religiosas católicos e protestantes se matavam, Descartes procurou um tipo de certeza que todos os humanos, independentemente das suas religiões, pudessem partilhar (Prigogine, 1996). Em 1958 Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) afirmaram "Foi Descartes quem, fazendo da evidência o sinal da razão, só quis considerar racionais as demonstrações que, partindo de ideias claras e distintas, propagam a todos os teoremas, com ajuda de provas apodícticas, a evidência dos axiomas" (p. 9). De acordo com o modelo cartesiano, o cientista devia elaborar um sistema de proposições que se "imponha a todos os seres racionais e acerca das quais é inevitável acordo." (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p.10). Assim, toda a prova seria a redução à evidência e o que é evidente não teria necessidade de nenhuma prova. No caso das ciências experimentais e indutivas, dado que se torna obrigatório ceder perante a força da conformidade com os factos, a evidência a reconhecer não seria a racional mas a empírica (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006). Assim, no séc. XVII, quando, como já foi referido, a retórica triunfou no ensino jesuítico ficando restrita a este sector, já não era um raciocínio para convencer; era apenas uma retórica moribunda que pouco a pouco tinha caído em descrédito intelectual (Barthes, 1970). Esse descrédito tinha começado com a promoção de um novo valor, a evidência quer dos sentimentos, quer das ideias, quer dos factos (Barthes, 1970; Breton, 1998). Na verdade, a partir do séc. XVI, tinha-se assistido a uma generalização do papel da evidência, trate-se da evidência pessoal do protestantismo, da evidência racional do cartesianismo, ou da evidência sensível do empirismo (Barthes, 1970; Breton, 1998; Perelman, 1993; Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006). Assim, em nome de um critério de evidência simultaneamente eficaz e válido, desqualificou-se qualquer argumentação que não fosse apoiada em dados imediatos e

absolutos da intuição mística, da evidência racional, ou da evidência sensível (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006). A este propósito, Perelman (1993) e Breton (1998) consideram que se pode falar de um período em que se constatou um conflito entre uma cultura baseada na evidência e uma cultura baseada na argumentação. A ideia de que a dialéctica diz respeito às opiniões, ou seja, às teses a que se adere com intensidade variável deixou de merecer atenção, e a palavra dialéctica veio a adquirir um significado afastado do seu significado primitivo, servindo para designar a própria lógica. Por sua vez, a utilização filosófica da palavra *retórica* caiu em desuso e esta deixou de fazer parte do vocabulário da Filosofia (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006).

A razão que Descartes esperava que permitisse, “pelo menos em princípio, resolver os problemas que se põem aos homens e de que o espírito divino já possui a solução, foi cada vez mais limitada na sua competência” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 11). De facto, as obras de lógica consagradas ao estudo dos meios de prova, passaram a limitar-se, essencialmente, ao estudo da dedução completada por indicações sobre o raciocínio indutivo (estas reduzidas aos meios não de construir mas apenas de verificar hipóteses) e raramente se aventuraram no exame dos meios de prova utilizados nas ciências humanas. O lógico, inspirado no ideal cartesiano, passou a estudar as provas classificadas por Aristóteles como analíticas, o estudo da argumentação não interessou aos lógicos e com isso se deu um estreitamento do conceito de razão. Esta tendência acentuou-se a partir de meados do século XIX, quando, sob a influência dos lógicos matemáticos, a lógica foi limitada à lógica formal. “Daí resulta que os raciocínios alheios ao domínio puramente formal escapam à lógica e, com isso, também à razão” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 10). Estes autores interrogam-se sobre o papel da razão nos domínios em que nem a experiência nem a dedução lógica podem fornecer solução do problema e estão entre aqueles que retomaram o estudo da argumentação e da retórica.

De facto, em meados do séc. XX, reacendeu-se não só o interesse pela argumentação (sendo o trabalho de Toulmin (1958) um marco importante no estudo da mesma), mas também o interesse pela retórica que Perelman procurou reabilitar e renovar durante a segunda metade desse mesmo século. A ideia de adesão dos espíritos a quem se dirige o discurso, que era essencial nas teorias antigas da retórica, é considerada por Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) como sendo a finalidade da argumentação. Estes autores discordam daqueles que proclamaram a superioridade da dialéctica relativamente à retórica e que atribuíram à argumentação, apresentada a um único auditor, um alcance filosófico e uma superioridade em relação à dirigida a um auditório. A dialéctica, preocupando-se a cada passo do raciocínio com o apoio do interlocutor, seria uma argumentação de

carácter mais rigoroso. Para estes autores, toda a argumentação que visa um auditório particular apresenta o inconveniente de, ao adaptar-se aos seus auditores, defender teses que podem ser alheias ou opostas aquilo que pode ser aceite por outros que não aqueles a quem de momento se dirige. Daí a fraqueza relativa dos argumentos que apenas são aceites por auditórios particulares, e o valor que é concedido às opiniões que gozam de uma aprovação unânime. “É evidente que o valor dessa unanimidade depende do número e qualidade dos que a manifestam, sendo o limite atingido, neste domínio, pelo acordo do auditório universal” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 39). Assim, o significado filosófico da adesão do interlocutor ao diálogo reside no facto de este ser encarado como uma encarnação do auditório universal. Esta reabilitação da retórica conduz à Nova Retórica entendida em estreita ligação com a teoria da argumentação.

Walton (1989) considera que, a partir do início da década de 80 do séc. XX, se constata sinais de um desvio da atenção, antes dedicada à lógica clássica, em favor de um interesse por uma abordagem prática do estudo da argumentação. De facto, o autor constata que, nessa década, aparecem duas revistas *Informal Logic* e *Argumentation* e uma associação ligada ao estudo da argumentação, designada *International Society for the study of Argumentation*. Ocorre, também, em Junho de 1986, a realização de uma conferência internacional *First International Conference on Argumentation*. Por estas razões, as concepções sobre argumentação, adoptadas por alguns autores da segunda metade do século XX, vão ser referidas mais pormenorizadamente.

2.2.2. Concepções sobre argumentação na segunda metade do séc. XX

Na sequência do ressurgimento do interesse pela argumentação, esta tornou-se objecto de estudo por parte de vários autores que, durante a segunda metade do século XX, procuraram desenvolver uma teoria da argumentação realizada na vida prática, sem a tomarem no sentido estrito da lógica formal. Uma das questões abordadas por alguns desses autores, que não entendem a argumentação no sentido estrito da lógica formal, é o posicionamento da análise da argumentação realizada na vida prática relativamente ao campo da lógica; outra questão é o papel que a persuasão tem no relacionamento entre a argumentação e a retórica.

No que toca à primeira questão, pelo menos entre aqueles que se situam na linha de Aristóteles, parece ser consensual que a teoria da argumentação se insere no campo da lógica. O relacionamento da argumentação com a retórica e o papel que a persuasão tem neste relacionamento constitui uma questão relativamente à qual existem divergências que mais adiante

serão referidas. Apesar do considerável volume de trabalhos realizados até ao presente sobre a argumentação, Breton (1998), autor que procura inscrever o estudo da argumentação no campo das ciências da comunicação, considera necessário recomeçar constantemente, pois o objecto da argumentação evolui mais depressa do que a teoria, devido à evolução da linguagem, dos modos de comunicação e, também, dos valores que têm muita importância na argumentação. Assim, este autor considera que a teoria da argumentação deve estar permanentemente a ser renovada.

2.2.2.1. A relação entre a argumentação e a lógica

Toulmin (1958) não concorda que o estudo da argumentação realizada na vida prática seja excluído da lógica. Para justificar a sua posição, refere que já Aristóteles, apesar de se dar conta de que o estudo da argumentação não é assunto da lógica formal, não abandonou este estudo, abandonando, apenas, o projecto de incluir a teoria da argumentação num molde inteiramente matemático. Aristóteles analisou as provas dialécticas ao lado das provas analíticas, ou seja, “as que dizem respeito à verosimelhança ao lado das que são necessárias, as que servem na deliberação e na argumentação ao lado das que são utilizadas na demonstração” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 11). Toulmin (1950) aceita que é necessário abandonar a esperança de aplicar os cálculos matemáticos à crítica da argumentação, pois acredita que a teoria do Direito e a lógica específica dos enunciados jurídicos escapa totalmente a um tratamento matemático, mas contesta que a argumentação seja banida do campo da lógica. Para clarificar a sua opinião, este autor propõe o uso das designações: lógica em acção e lógica ideal. A primeira para designar a argumentação que, para o autor, tal como para Aristóteles, está ligada com as disciplinas relacionadas com a vida prática. A segunda para designar a lógica no sentido estrito da lógica formal.

Tal como Toulmin (1958), também Perelman se apoia em Aristóteles e comenta que os lógicos modernos esqueceram o facto de Aristóteles incluir no *Organon*, ao lado dos Analíticos, que dizem respeito ao raciocínio formal, os Tópicos que dizem respeito ao raciocínios dialécticos, o que faz dele, não só o pai da lógica, mas, também, o pai da teoria da argumentação. Perelman (1993) discorda não só da identificação que foi feita, no séc. XIX, da lógica moderna com a lógica formal, ou seja, com os raciocínios analíticos, deixando fora da lógica os raciocínios dialécticos, mas, também, do ponto de vista oposto, que consiste em rejeitar a distinção entre raciocínios analíticos e dialécticos. Para Perelman (1993), o objecto de estudo da teoria da argumentação é o discurso não demonstrativo, ou seja, a análise dos raciocínios que não se limitam a inferências formalmente

correctas e a cálculos mas que são utilizados nas disciplinas relacionadas com a vida prática. A argumentação distingue-se da demonstração formalmente correcta, antes de mais porque, numa demonstração, os signos utilizados são desprovidos de qualquer ambiguidade e as premissas não estão em discussão, quer sejam considerados como evidentes, como verdadeiros ou como simples hipóteses; pelo contrário, a argumentação desenrola-se numa linguagem natural e há que garantir a adesão do interlocutor às premissas. A finalidade da argumentação não é, como na demonstração, provar a verdade da conclusão a partir da verdade das premissas. A argumentação pretende transferir para a conclusão a adesão concedida às premissas.

Para Perelman (1993), a teoria da demonstração deve ser complementada com a teoria da argumentação. Assim, este autor apresenta uma concepção alargada da lógica, considerando que a lógica deverá incluir a lógica formal e, também, a teoria da argumentação e, conseqüentemente, o estudo dos raciocínios dialécticos. Este ponto de vista de Perelman não surpreende se for tida em conta a observação de Sanmartín (1994), que afirma que os Tópicos são mais ricos em funções lógicas utilizadas do que a silogística conscientemente formalizada dos Analíticos. Enquanto esta se pode reduzir a uma aplicação da modernamente chamada lógica de predicados, nos Tópicos aparecem “funções altamente complexas que o actual estudo da lógica ainda não analisou satisfatoriamente” (Sanmartín, 1994, p. 8).

Van Dijk (1989) considera que o esquema básico da estrutura da argumentação é idêntico ao da demonstração, pois, em ambos os casos, se trata de uma sequência premissa conclusão. Segundo o autor, esta estrutura pode ser diferenciada com base no tipo de relação entre premissa e conclusão que pode ser de três tipos: “derivação (sintáctica) como no cálculo formal, implicação (semântica) e conclusão (pragmática)” (Van Dijk, 1989, p. 159). Nesta classificação o autor parece estabelecer uma relação com a Linguística, associando o primeiro tipo de relação com a problemática da estrutura da língua e o segundo com as questões de significado. Ambos estes tipos dizem respeito às conclusões do âmbito da lógica, sendo o terceiro tipo respeitante às conclusões do dia a dia. Segundo Walton (1989), o carácter semântico tem a ver com a verdade ou falsidade das proposições (um argumento válido não conduz a uma conclusão falsa a partir de premissas verdadeiras), a conclusão de carácter pragmático, pelo contrário, não tem a ver com a verdade ou falsidade das proposições nem com o carácter necessário das conclusões mas com aquilo que o arguente pode defender de modo razoável no contexto do diálogo (Walton, 1989). Van Dijk (1989) considera que a sequência premissa-conclusão se encontra tanto nas conclusões formais como nos enunciados argumentativos do dia a dia como, por exemplo: Pedro tirou a nota quatro. Logo não

passou no exame. Contudo, neste exemplo a palavra 'logo' não reproduz uma relação de implicação causal entre duas circunstâncias, há que ter em conta a existência da regra que estipula que a nota quatro não é suficiente, e aquele que não apresenta rendimento suficiente reprova. Pedro não obteve aprovação devido a uma relação geral (regra), entre circunstâncias, que legitimou a conclusão. Assim, para explicar a estrutura argumentativa é necessária uma legitimidade ou garantia (*warrant* no inglês) que deve ser vista tendo como base de apoio no diálogo cujo objectivo é convencer o interlocutor. Além disso, na argumentação quotidiana, por não tratar de relações de carácter necessário, podem existir excepções ou limitações. A diferença entre a demonstração no sentido lógico estrito e a argumentação quotidiana (e, também, a científica) é que esta não se ocupa de uma relação de necessidade (ou seja, de uma implicação) mas de uma relação de probabilidade, credibilidade, etc. (Van Dijk, 1989). Todavia, no discurso científico, contrariamente às argumentações quotidianas, a aceitabilidade de uma publicação depende de critérios institucionalizados. Para este autor, o discurso científico constitui uma variante especial das estruturas argumentativas; a estrutura básica do discurso científico não consiste apenas em conclusão e sua justificação, inclui também apresentação do problema e sua solução. No caso particular das questões abordadas empiricamente, há que ter em conta a hipótese da qual devem ser derivadas predições que são testadas experimentalmente, dando atenção à estruturação da experiência, à sua execução, aos resultados e à sua discussão. A hipótese será, ou não, confirmada e poderá chegar-se, ou não, a uma solução do problema inicial (Van Dijk, 1989).

Também Walton (1989) se debruça sobre o estudo do discurso argumentativo, em linguagem natural, acerca de assuntos controversos. Por entender que este estudo é um empreendimento essencialmente prático, considera a designação Lógica Informal adequada ao estudo em causa. O autor faz uma abordagem dialéctica à análise crítica dos argumentos, em que é crucial ter em conta o contexto de interacção entre dois participantes no qual, através da pergunta/resposta, cada um representa um dos lados da questão em disputa. O autor procura estabelecer uma demarcação entre o que designa por pragmática lógica (do Inglês *logical pragmatics*) e a teoria lógica (do Inglês *logical theory*). Segundo ele, tradicionalmente, a teoria lógica tem dado ênfase às relações entre proposições verdadeiras ou falsas enquanto a pragmática lógica tem a ver com o uso das mesmas. Deste modo, a teoria lógica está centrada nas proposições que constituem um argumento, que é constituído por um conjunto de proposições (premissas e conclusão), e aquilo que interessa é a verdade ou falsidade das mesmas, sem que seja tido em conta um contexto de diálogo. Por seu turno, a pragmática lógica está relacionada com a forma

como as proposições são usadas para convencer o outro arguente. Diz respeito ao uso racional de tais proposições, num contexto de diálogo, para levar a cabo o objectivo de suportar ou refutar um dos lados do contencioso. Assim, cada argumento é concebido ao longo de linhas de oportunidade de resposta, num diálogo inter-activo em que duas pessoas raciocinam em conjunto (Walton, 1989).

Pode dizer-se que os autores anteriormente referidos, designadamente Toulmin (1958), Perelman (1993), Walton (1989) e Van Dijk (1989), apresentam uma concepção alargada de lógica que não se cinge à lógica formal, pois inclui o estudo da argumentação nas disciplinas relacionadas com a vida prática. Esta concepção alargada da lógica repercute-se no conceito de racionalidade, a qual se pode constatar no caso de Perelman, que terá começado por aceitar a lógica como detentora do monopólio da racionalidade, mas terá acabado por constatar o reducionismo deste ponto de vista “ao experimentar uma insatisfação face ao formalismo de que, sob a influência da lógica matemática, a lógica se tinha revestido” (Grácio, 1993, p.7). Este autor, comentando o trabalho de Perelman, afirma que o facto de a lógica formal não contemplar a dimensão pragmática ou os efeitos práticos de raciocínios relativos a situações concretas, levou Perelman a interrogar-se sobre se tais raciocínios deveriam ser considerados como desprovidos de lógica ou se o seu estudo deveria ser negligenciado. Com efeito, Grácio (1993) considera que Perelman procura salvaguardar a racionalidade presente em todos os raciocínios que, pela sua aplicação situada e concreta, não são susceptíveis de formalização, e conciliar a sua dimensão pragmática com um estudo teórico que os permita organizar numa temática. Na verdade, Perelman (1993) afirma que “o menosprezo pela retórica e o esquecimento da teoria da argumentação conduziram à negação da razão prática, sendo os problemas da acção ora reduzidos a problemas de conhecimento, isto é, de verdade ou probabilidade, ora considerados como em nada relevando da razão” (Perelman, 1993, p. 27). Contudo, o autor considera que a actividade racional se encontra ligada à arte da persuasão e às técnicas discursivas que permitem obter a adesão de um auditório. Assim, liga o papel da argumentação ao raciocínio prático, apresentando uma concepção alargada de razão.

Em 1958, Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) já haviam afirmado a sua ruptura com a concepção de razão e de raciocínio que teve origem em Descartes e que marcou a filosofia ocidental dos três últimos séculos. O campo da argumentação é o verosímil, o plausível e o provável, mas, no Discurso de Método, Descartes declarou que uma das regras do novo método é considerar falso tudo aquilo que é apenas verosímil e que uma ciência racional não pode contentar-se com opiniões mais ou menos verosímeis (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1989). Além disso, como já foi referido no ponto 2.2.1, Descartes fez da evidência o sinal da razão esta veio a ter um sentido cada vez mais

restrito. Todavia, a ninguém ocorreria “negar que a faculdade de deliberar e argumentar seja um sinal distintivo do ser racional” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 9), e não há dúvida de que, pela natureza própria da deliberação e da argumentação, não se delibera nos casos em que a conclusão se impõe de modo necessário e a argumentação só intervém quando se contesta a evidência (Perelman, 1993).

Perelman (1993) alude ao papel da argumentação na comunidade científica, fazendo referência à ideia, defendida por Popper, de que toda a teoria científica mais não é do que uma hipótese humana que não é evidente nem infalível. O autor comenta que “à falta de uma evidência que se impõe a todos, para se fazer admitir a hipótese, deve-se escorá-la em boas razões, reconhecidas como tal por outros homens, membros da mesma comunidade científica” (Perelman, 1993, p. 170). Acrescenta este autor que, “contrariamente a Descartes, que queria edificar todo o saber sobre evidências inabaláveis, é preciso mostrar o que há de excepcional, devido a certas razões específicas, no acordo dos cientistas” (Perelman, 1993, p. 170). Em certas épocas, pode chegar-se, em certas disciplinas, a uma unanimidade que não encontramos noutros campos, mas nada garante a sua manutenção definitiva. Sendo assim, a razão não pode ser entendida como uma faculdade que tem de engendrar provas necessárias que ninguém possa contestar (Perelman, 1993). A essa concepção fechada de razão, Morin (1994) opõe uma razão aberta que salvasse “a racionalidade como atitude crítica e vontade de controlo lógico, mas acrescentando-lhe a autocrítica e o reconhecimento dos limites da lógica” (p. 130).

2.2.2.2. A relação da argumentação com a retórica e o papel da persuasão

A importância que Perelman (1993) confere às relações entre dialéctica e retórica está patente no comentário que faz ao ponto de vista de Barthes (1970), anteriormente referido, de que a retórica deve ser vista no jogo estrutural das suas vizinhas (Gramática, Lógica e Filosofia), pois acrescenta que, para bem a situar e definir, é necessário precisar as suas relações com a dialéctica. Se as figuras de retórica não são integradas numa arte de persuadir e convencer, deixam de ser figuras de retórica e tornam-se ornamentos do discurso. Segundo Perelman (1993), ao reduzir-se a uma das suas partes, a retórica perdeu, também, o *nexus* que a ligava à filosofia, através da dialéctica. Perdida esta ligação, “a retórica transformou-se numa disciplina errática e fútil” (Perelman, 1993, p. 18).

Assim, Perelman (1993) não coloca em oposição a retórica e a dialéctica, mas antes estabelece ligação entre as mesmas, lançando um novo olhar sobre a argumentação e a retórica. Considera que a teoria da argumentação abrange não só todo o campo do discurso que visa convencer (argumentação dialéctica) mas também o discurso que visa persuadir. Deste modo, o autor concebe a teoria da argumentação como uma Nova Retórica ou como uma Nova Dialéctica, e identifica esta Nova Retórica com o discurso persuasivo que visa ganhar a adesão, tanto intelectual como emotiva, de um auditório.

Perelman e Olbrechts-Tyteca (2006) afirmam que a gradação entre os termos convencer e persuadir é imprecisa e que, na prática, assim deve permanecer, discordando quer daqueles que, preocupados em induzir uma acção, consideram que persuadir é mais do que convencer, quer daqueles que, preocupados com o carácter racional da adesão, consideram que convencer é mais do que persuadir e pensam que quem pode ser persuadido é o autómato, o corpo, a imaginação, o sentimento, em suma, tudo aquilo que não constitui a razão. Estes autores entendem que está em causa a ideia que se tem da encarnação da razão e pretendem combater as posições filosóficas irreduzíveis que conduzem a dualismos, tais como: razão *versus* imaginação, objectividade universalmente admitida *versus* subjectividade incomunicável.

Em vez de considerar que a persuasão se dirige à imaginação, ao sentimento, ao autómato, e que o discurso convincente faz apelo à razão, em vez de opor uma à outra, como o subjectivo ao objectivo, Perelman (1993) pretende caracterizá-las de uma forma mais técnica e mais exacta, em função das características do auditório que é visado. Para este autor, o discurso convincente é aquele que visa obter a adesão dos membros do auditório universal, ou seja, cujas premissas e conclusões são universalizáveis. “Só estamos em presença de um facto, do ponto de vista argumentativo, se pudermos postular em relação a ele um acordo universal, não controvertido” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 77). Todavia, dado que cada cultura possui sua própria concepção de auditório universal, “o estudo destas variações seria muito instrutivo, porque nos daria a conhecer o que os homens consideraram, no decurso da história, como real, verdadeiro e objectivamente válido” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 2006, p. 40). Enquanto que, para Aristóteles, a retórica diz respeito às técnicas do orador que se dirige a uma audiência sem qualquer saber especializado, sendo distinta da dialéctica, que diz respeito aos argumentos usados numa controvérsia ou numa discussão com um único interlocutor (Breton, 1998), para Perelman (1993) a distinção não depende do número de pessoas a quem o orador se dirige, mas das intenções deste último, visto ser possível o orador considerar aqueles a quem se dirige como uma encarnação do

auditório universal. Perelman (1993) considera necessário partir de premissas que beneficiem de uma adesão suficiente, pois a transferência da adesão das premissas para a conclusão só se realiza pelo estabelecimento de uma solidariedade entre as premissas e a tese que se pretende fazer admitir. Deve distinguir-se a verdade de uma tese e a adesão à mesma. Mesmo que uma tese seja verdadeira, se for controversa, será um erro considerá-la como já admitida, pelo que a falta de preocupação com a adesão do interlocutor às premissas será um erro. Segundo Grácio (1993), a grande originalidade de Perelman consiste em, inspirado na retórica, trazer a adesão do auditório para primeiro plano.

Também a abordagem de Walton (1989) ao estudo da argumentação realizada na vida prática confere importância à persuasão no diálogo interactivo entre dois participantes. Na pragmática lógica, as proposições são usadas por um arguente que pretende levar a cabo um diálogo com um segundo participante, em que é dada importância ao objectivo comum aos dois arguentes de se convencerem ou persuadirem mutuamente (Walton, 1989). Entre os vários tipos de diálogo que o autor refere estão: a querela pessoal que é o mais baixo nível de argumentação, pois é mais caracterizada pelo ataque pessoal do que pela argumentação; o debate que apresenta regras, como, por exemplo, o debate forense em que existem juizes que decidem sobre qual das partes apresenta melhores argumentos; e o diálogo persuasivo em que há dois participantes, cada um dos quais tem uma tese a defender e tem como primeira obrigação persuadir o outro. O objectivo de cada um é conseguir a adesão do outro à tese que defende, mas existe, também, a obrigação de cooperar com o interlocutor, respondendo honestamente às questões, de modo a proporcionar-lhe elementos a incorporar nas premissas dos argumentos que lhe vão permitir defender o seu ponto de vista.

O papel da persuasão na prática argumentativa também é referido por Breton (1998). Com o propósito de inscrever a argumentação no campo das ciências da comunicação, este autor considera três elementos essenciais para definir o campo da argumentação: argumentar é comunicar, o que implica parceiros, uma mensagem e uma dinâmica própria; argumentar não é convencer a qualquer preço, o que pressupõe uma ruptura com a retórica clássica; argumentar é raciocinar, propor uma opinião a outros, dando-lhes razões para aderirem. Para Breton (1998), a autonomia da argumentação baseia-se numa divisão entre as opiniões e os enunciados susceptíveis de serem demonstráveis. Deste modo, reabilita-se a opinião, que não é uma crença débil ou uma verdade pouco rigorosa, mas algo que faz parte da vida quotidiana e que fundamenta as opções mais essenciais, como, por exemplo, a crença na igualdade que é um valor que, tal como outros,

pode ser discutido mas escapa do âmbito da demonstração (Breton, 1998). Para este autor, o bom uso da argumentação implica uma ruptura com os meios de persuasão que a retórica oferece tradicionalmente, entendidos estes no sentido de processos que não recorrem à razão e que, durante muito tempo, contaminaram a retórica. No entanto, parece aceitar que a persuasão pode ter lugar na prática argumentativa quando fala em deixar “de confundir a *bela palavra* com a palavra persuasiva e a demonstração com, mais simplesmente, a actividade que consiste em querer fazer partilhar uma opinião verosímil” (Breton, 1998, p. 22). Contudo, para este autor, não haverá lugar para o recurso à manipulação psicológica e às técnicas de propaganda relacionadas com o exercício da violência persuasiva sobre outrem, nem para o uso da sedução, que, ao longo dos tempos, serviu para influenciar o ponto de vista do interlocutor: “A argumentação, meio poderoso de fazer partilhar por outrem uma opinião (que pode ter como consequência uma acção), distingue-se tanto do exercício da violência persuasiva como do recurso à sedução ou à demonstração científica” (Breton, 1998, p.13).

Driver, Newton e Osborne (2000) sublinham que a importância atribuída à persuasão no processo argumentativo tem dividido os autores que se interessam pelo estudo da argumentação. De um lado, estão os que consideram a argumentação como um processo racional de resolução de questões e disputas; de outro, aqueles que a consideram uma actividade direccionada para obter a aprovação de uma audiência. De facto, para Perelman (1993), Walton (1989) e Breton (1998) a persuasão tem interesse no estudo das práticas argumentativas, mas existem autores, como Van Eemeren e Grootendorst (1992), para quem o estudo dos factores que afectam o grau de persuasão do discurso faz parte da retórica. Estes últimos autores procuram definir, com clareza, uma fronteira entre o que designam por argumentação dialéctica e o que designam por retórica ou argumentação retórica. Segundo eles, no estudo da argumentação dialéctica a ênfase é colocada em explicar a forma como diferentes movimentos argumentativos contribuem para resolver uma diferença de opinião. Neste estudo a pesquisa empírica está centrada na análise dos factores que afectam a capacidade de convencer. Neste contexto, a exercitação da prática argumentativa tem como objectivo, a partir de um conhecimento crescente dos obstáculos, promover o domínio dos requisitos processuais para resolver o conflito. Para esta perspectiva que atribui à argumentação (dialéctica) o propósito de resolver diferenças de opinião, a razoabilidade dos procedimentos deriva da possibilidade que criam para a resolução das diferenças. Pode, por isso, dizer-se que é uma abordagem caracterizada por uma propensão para reflexão. Para os mesmos autores, no estudo da retórica (argumentação retórica), a ênfase é colocada em explicar a eficácia de diferentes padrões

argumentativos com diferentes tipos de audiência. Neste caso, a pesquisa empírica está centrada na análise dos factores que afectam o grau de persuasão do discurso e o que se pretende é fornecer directivas e treinar o uso das mesmas para persuadir, com sucesso, uma audiência. Pode dizer-se que é uma abordagem caracterizada por uma propensão para a prescrição. Assim, a perspectiva de Van Eemeren e Grootendorst (1992) é diferente das perspectivas que tomam a persuasão como propósito da argumentação. Estes autores atribuem à argumentação o propósito de resolver diferenças de opinião e, embora aceitem a existência de elementos de persuasão na resolução de diferenças de opinião, demarcam-se das perspectivas que tomam a persuasão como propósito.

Apesar das divergências existentes no que toca à importância atribuída à persuasão na prática argumentativa, todos os autores referidos se interessam pelo estudo da argumentação realizada na vida prática, reconhecendo a relevância de argumentos que não são enunciados susceptíveis de demonstração e que ocorrem entre dois arguentes, que visam a resolução de uma diferença ou que são usados por um orador que procura convencer ou persuadir uma audiência.

Com base numa análise da argumentação prática, realizada num largo leque de contextos e que incluiu o campo das ciências, Toulmin (1958) desenvolveu um método de análise dos argumentos que não se enquadram na lógica formal e elaborou um modelo para análise da estrutura destes argumentos. Trata-se de um modelo que tem vindo a ser utilizado em vários estudos na área da investigação educacional em ciências (Alvarez *et al.*, 1997; Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000; Jiménez Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003; Jiménez Aleixandre *et al.*, 2003). Por este motivo, o modelo de Toulmin (1958) vai ser referido com algum detalhe. Será, também, referida a forma como este modelo pode contribuir para a clarificação da complexidade escondida da argumentação silogística, para a distinção entre argumentos que aplicam uma garantia e argumentos que estabelecem uma garantia, e ainda para a distinção entre argumentos analíticos e materiais.

2.2.3. O contributo de Toulmin para a compreensão da argumentação

2.2.3.1. Estrutura de um argumento segundo Toulmin

O modelo de argumento proposto por Toulmin (1958), esquematizado na figura 1, descreve os elementos de um argumento e representa as relações funcionais entre eles. Os elementos que figuram no esquema são as quatro componentes base, as condições de refutação e os

qualificadores de modo. As quatro componentes base são: conclusão (*claim*) cuja validade se pretende estabelecer e a favor da qual se pretende argumentar; dados, ou seja, os factos aos quais se faz apelo para suportar a conclusão; garantia (*warrant*), que consiste nas razões que justificam a conexão entre os dados e a conclusão, indicando que a passagem à conclusão é legítima; fundamentos (*backings*), que tem a ver com conhecimento básico que confere autoridade à justificação apresentada nas garantias. O fundamento, tal como os dados, é de natureza factual. Contudo, os dados são factos de carácter particular enquanto o fundamento tem carácter geral. Para Toulmin (1958), as garantias são proposições de natureza diferente dos dados. Enquanto estes são de natureza factual, a garantia explica, com base nos dados, a oportunidade e a legitimidade da passagem que leva à conclusão. Esta distinção pode ser ilustrada pela diferença que, nos tribunais, se estabelece entre questões de facto e questões de direito, a qual constitui, apenas, um caso particular da distinção entre dados e garantia.

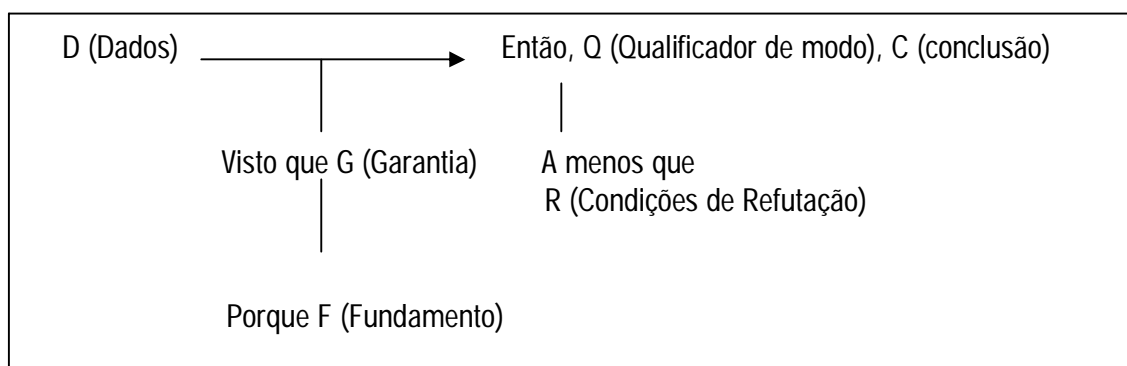


Figura 1 - Esquema de um argumento (Toulmin, 1958, p.128)

Os qualificadores de modo, representados por Q no esquema da figura 1, indicam a força que a garantia confere à passagem dos dados para a conclusão. São advérbios ou frases que caracterizam o grau de confiança que pode ser outorgado a uma conclusão. As condições de refutação ou excepção, representadas por R, são circunstâncias extraordinárias ou excepcionais que podem debilitar a força de um argumento. Indicam circunstâncias em que a autoridade da garantia não é aceitável.

Existem diferentes tipos de garantia, sendo que algumas permitem qualificar a conclusão, através do advérbio necessariamente, e que outras autorizam a passagem dos dados à conclusão, enunciando condições, excepções ou reservas. Por este motivo, Toulmin (1958) considera que, além

das quatro componentes base mais divulgadas, devem ser considerados os qualificadores de modo e as condições de refutação ou exceção, como é indicado no exemplo da figura 2.

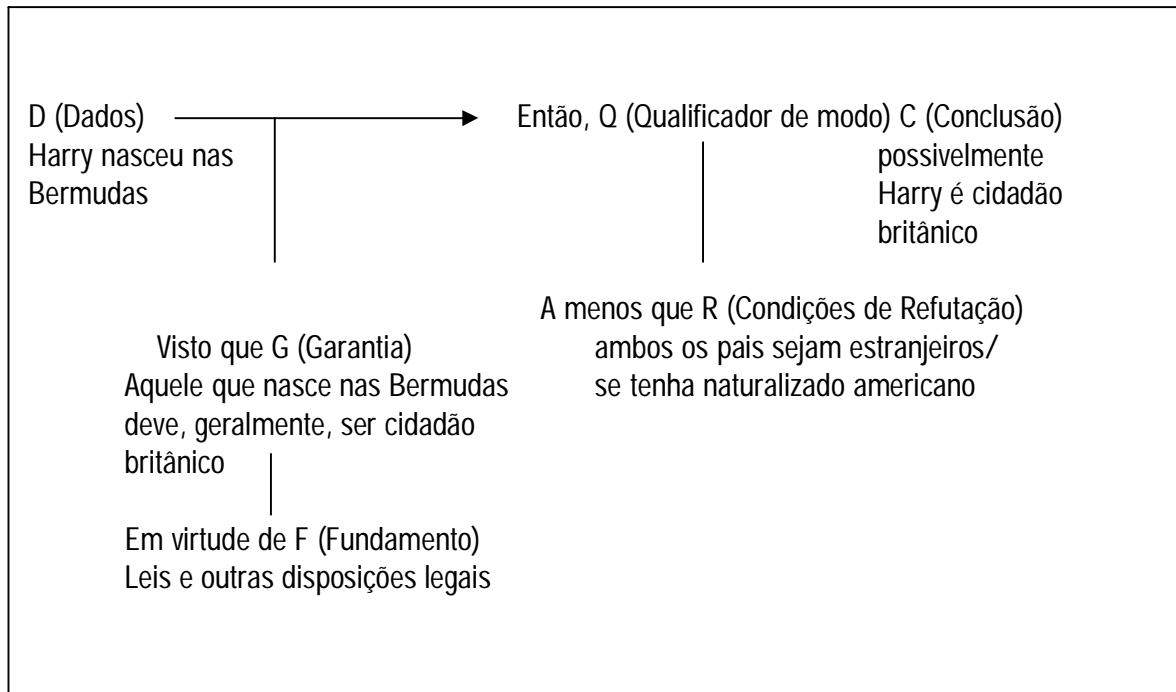


Figura 2 - Exemplo de argumento, segundo Toulmin (Toulmin, 1958, p.129)

A distinção entre o enunciado de uma garantia e as restrições à sua aplicação que, no exemplo apresentado na figura 2, dizem respeito às leis da nacionalidade, interessam também à compreensão das leis das ciências e têm importância em todos os casos em que uma lei pode estar sujeita a exceções, ou em que uma garantia é apenas sustentada por uma referência a uma correlação.

O estudo da argumentação realizado por Toulmin (1958), aplicando o seu modelo em várias áreas do conhecimento, levou-o a considerar que os elementos estruturais de um argumento são independentes do campo de conhecimento. No entanto, o conteúdo de cada um deles varia com esse campo, ou seja, os dados, as justificações, o conhecimento básico e os qualificadores são ferramentas que fazem parte da estrutura de qualquer argumento, independentemente do campo de conhecimento, enquanto que o conteúdo de cada um deles é dependente desse campo.

Comentando este modelo, Hart (1998) refere que as afirmações apresentadas como conclusões do processo argumentativo podem ser de diferentes tipos: afirmações de facto, de valor,

de conceito etc. e, do mesmo modo, as justificações e fundamentos podem, também, ser de diferentes tipos. Este autor sublinha, em concordância com Toulmin, que embora estes elementos do argumento sejam dependentes da área de conhecimento em que a argumentação se situa, a estrutura do argumento é idêntica para diferentes áreas do conhecimento. No entanto, o critério usado na avaliação do argumento tem de ser dependente do campo porque nessa avaliação é necessário ter em conta o conteúdo de cada um dos elementos estruturais e esse conteúdo depende do tema em causa. Após os trabalhos de Toulmin (1958) ficou claro que aquilo que define um bom argumento é relativo ao contexto em que ele ocorre e depende das diferentes áreas da actividade humana, sendo uma matéria mais da lógica informal do que da lógica formal (Hart, 1998; Newton, Driver & Osborne, 1999).

2.2.3.2. A complexidade escondida da argumentação silogística

Através da sua proposta de modelo de argumento, Toulmin (1958) procurou clarificar aquilo a que chamou a complexidade escondida da argumentação silogística. Este autor comenta que desde a época de Aristóteles, que se tornou habitual representar a argumentação silogística através de três proposições: premissa menor; premissa maior; então conclusão. Na análise desta estrutura, Toulmin dá particular atenção a um tipo de silogismo em que a primeira premissa é singular, na medida em que diz respeito a uma entidade particular, enquanto a segunda é do tipo universal, como acontece no seguinte exemplo: Pedro é sueco; nenhum sueco é católico; então de certeza que Pedro não é católico, e considera necessário distinguir a força da premissa universal (nenhum sueco é católico), que deve ser encarada como garantia, e o fundamento, do qual depende a autoridade da garantia. Segundo Toulmin, a complexidade deste silogismo é idêntica à de outro tipo de enunciados em que a segunda premissa é do tipo - quase todos os A são B - que são muito mais frequentes na argumentação prática, ao contrário do que seria de esperar se fossem tidos em conta os manuais de lógica, e dos quais o autor toma um exemplo para explicar a complexidade da argumentação silogística. Assim, considerando, por exemplo, a frase - quase de certeza que nenhum sueco é católico - pode ser elaborado um raciocínio quase silogístico em que este enunciado é a premissa maior: Pedro é sueco; quase de certeza que nenhum sueco é católico; então quase de certeza que Pedro não é católico. Nesta formulação que corresponde a D, G, então C a conclusão pode ser encarada como um rearranjo das premissas.

Se a segunda premissa apresentar o aspecto - a proporção de suecos católicos é igual (por exemplo) a 2% - existirá, outra maneira de desenvolver o argumento: Pedro é sueco; a proporção de suecos católicos é inferior a 2%; então é praticamente certo que Pedro não é católico. Esta formulação corresponde a D, F, então C, a garantia (G) está substituída pelo seu fundamento (F) e a conclusão (C) não pode ser obtida pelo simples rearranjo das premissas. Todavia, o argumento deve ser aceite sem hesitação e, portanto, a solidez de um argumento não decorre das propriedades formais. Segundo Toulmin (1958), a formulação usual com base em Aristóteles tende a dissimular a diferença entre a garantia de inferência e o seu fundamento. Mas essa diferença fica explícita se o argumento for ser exposto de acordo com a figura 3, pois garantia e fundamento ocupam no argumento posições distintas.

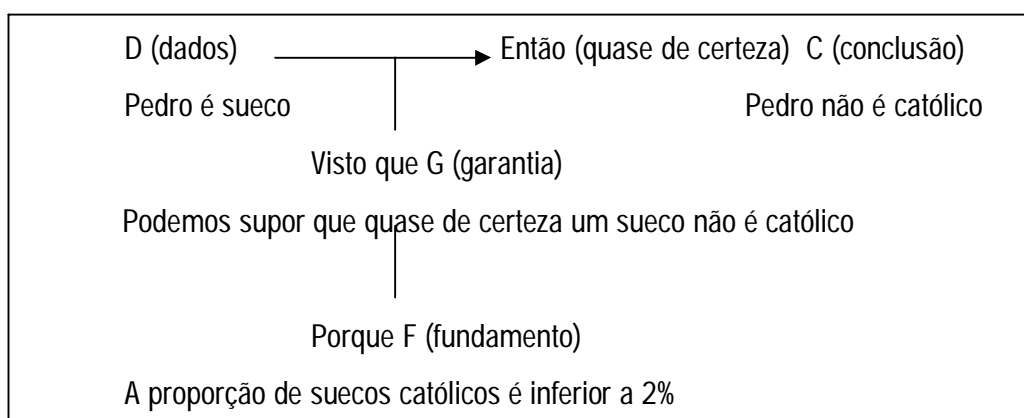


Figura 3 - Exemplo de argumento em que a segunda premissa é do tipo 'quase' (Toulmin, 1958, p. 137)

No caso em que a segunda premissa é do tipo universal, esta também pode ter outro aspecto possível, pois pode ser apresentada através da afirmação - a proporção de suecos católicos é igual a zero - que constitui fundamento da garantia anteriormente apresentada na segunda premissa. Assim, em vez da formulação de tipo D, G, então C, o exemplo pode ser apresentado através de uma formulação do tipo D, F, então C e tem-se: Pedro é sueco; foi observado que a proporção de suecos católicos é igual a zero; então de certeza que Pedro não é católico.

De acordo com o ponto de vista formal, a formulação do tipo Dados, Garantia, Conclusão tem validade formal, mas a formulação do tipo Dados, Fundamento, Conclusão não tem validade formal, visto que a conclusão não se pode obter por rearranjo das premissas. Apesar disso, tal como no caso anterior, a formulação do tipo Dados, Fundamento, então Conclusão, deve ser aceite, pois

não existe qualquer dúvida acerca da solidez do argumento. Assim sendo, a solidez de um argumento em que a segunda premissa seja do tipo universal também não depende do aspecto formal e, por esta razão, Toulmin afirma que a ideia de avaliar um argumento pelas suas propriedades formais perde toda a plausibilidade.

Constata-se, assim, que a forma clássica da argumentação silogística não mostra, de um modo transparente, a complexidade dos silogismos em que a segunda premissa é do tipo universal. A validade formal, que resulta do facto de as suas conclusões serem simplesmente transformações formais das premissas, ou seja, rearranjos das premissas, revela uma complexidade escondida. Por isso, torna-se necessário explicitar essa complexidade. O modelo que Toulmin (1958) propõe para os argumentos torna explícito o papel da segunda premissa, encarada como garantia, e o fundamento do qual depende a autoridade desta.

2.2.3.3. A distinção entre argumentos que aplicam e argumentos que estabelecem uma garantia

Toulmin (1958) procura esclarecer a distinção entre os argumentos que aplicam uma garantia e aqueles que estabelecem uma garantia. Os primeiros são aqueles em que, com apoio num único dado, é possível estabelecer uma conclusão, fazendo apelo a uma garantia cuja aceitação já foi admitida. Os segundos são aqueles em que se mostra a aceitabilidade de uma garantia. Nestes, em vez da conclusão, é a garantia que é inédita.

Debruçando-se sobre o que se passa em ciências, Toulmin (1958) afirma que nos textos científicos podem ser encontrados argumentos destes dois tipos. Para este autor, quando, nos textos científicos, se faz uma generalização por indução está-se a fundamentar uma garantia inédita. O termo indução é usado para designar os argumentos que estabelecem uma garantia que depois é posta à prova. Se em virtude desta operação surgirem problemas sobre a generalização é preciso considerar que o enunciado geral possa ser sujeito a excepções, ou seja, é preciso encontrar as circunstâncias particulares nas quais as presunções estabelecidas pela garantia são susceptíveis de ser refutadas.

Quanto aos argumentos que aplicam uma garantia, Toulmin (1958) refere que são correntemente referenciados na linguagem prática, com os termos deduzir, dedução e dedutivo, considerando o sentido da palavra deduzir idêntico ao da palavra inferir. Neste sentido, uma predição elaborada de acordo, por exemplo, com as equações da dinâmica celeste será uma dedução. Todavia, nos tratados de lógica, o termo dedução é reservado para argumentos em que os

dados e o fundamento levam à conclusão de maneira categórica, pelo que, depois de enunciados os dados e o fundamento, negar a conclusão seria uma contradição. Para o autor, trata-se de um ideal de dedução do qual nenhuma predição do âmbito da dinâmica celeste se pode aproximar visto que pode acontecer que elementos novos se tornem conhecidos e levem a modificar a predição.

Assim, Toulmin não usa o termo dedução no sentido estrito da lógica formal e, ao contrário dos empiristas lógicos, não considera a indução como método principal das ciências. Como vai ser referido no ponto 2.3.1, a afirmação da indução como método principal das ciências empíricas foi um ponto de vista no qual confluíram as correntes do empirismo lógico, que chegaram a invocar uma lógica indutiva (Echeverría, 2003). Esta posição mereceu a discordância de Popper (1975), autor que atribui à metodologia científica um sentido dedutivista e conjectural. Para este autor, a metodologia científica é essencialmente dedutiva, sendo que, dada uma teoria, são deduzidas consequências que devem ser contrastáveis empiricamente. A contrastação deve ser entendida como possibilidade de refutação, se os dados empíricos não coincidem com as predições emanadas da teoria, mas nunca como confirmação da teoria (Popper, 1975).

Toulmin (1958) considera que existe um conflito na utilização do termo deduzir, dado que o uso deste termo, na argumentação nas diferentes áreas da vida prática, tende a afastar-se do uso que lhe dão os lógicos profissionais que recorrem a ele apenas nas situações que levam à conclusão de maneira categórica. A clarificação deste conflito passa pelo estudo da distinção entre duas categorias de argumentos: analíticos e materiais.

2.2.3.4. Distinção entre argumentos analíticos e argumentos materiais.

Segundo Toulmin (1958), a complexidade escondida nos enunciados do tipo todos os A são B, anteriormente referida, contribui para dissimular a diferença entre argumentos analíticos e argumentos materiais. Para clarificar a distinção entre estas duas categorias, Toulmin debruça-se sobre argumentos em que a segunda premissa é do tipo universal e que ocupam um lugar de destaque na história da lógica, como o seguinte exemplo: Ana é uma das irmãs de Jack, todas as irmãs de Jack têm os cabelos ruivos, então Ana tem os cabelos ruivos. Se a premissa universal for enunciada sob a forma de fundamento, tem-se: Ana é uma das irmãs de Jack; todas as irmãs de Jack têm (constata-se individualmente) os cabelos ruivos; então Ana tem os cabelos ruivos. Se num dado momento estiverem a ser observados os cabelos das irmãs não há interesse em tal argumento. Por outro lado, o argumento passa à categoria de argumento não analítico, se a

constatação foi feita no passado. Sabendo que os cabelos podem ser tingidos, o argumento deverá ser reescrito de maneira a tornar evidente o seu carácter material (fig. 4).

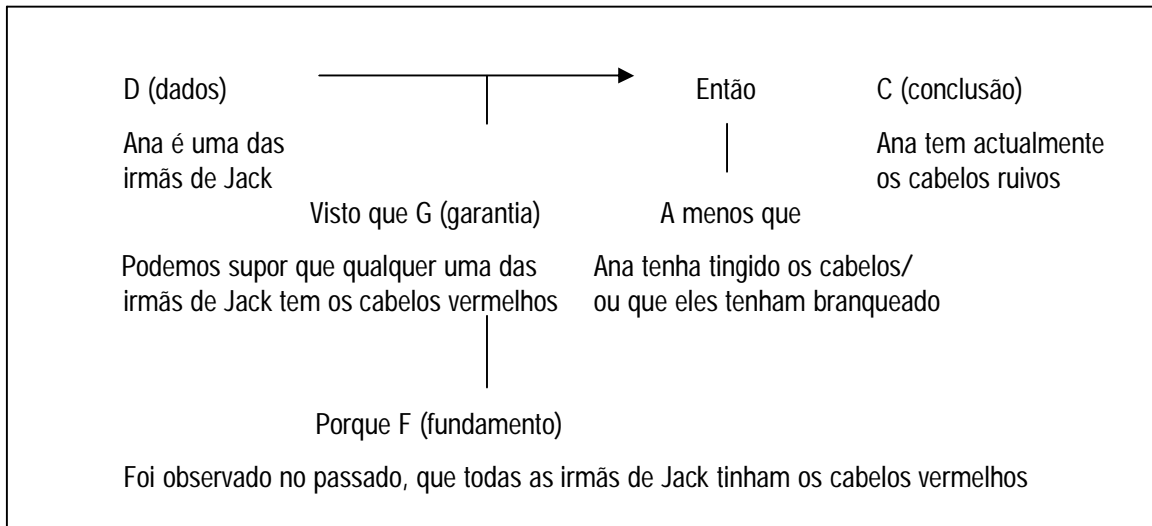


Figura 4 - Exemplo de argumento de tipo material (Toulmin, 1985, p. 155)

Toulmin considera necessário, para se estar seguro de que tipo de argumento se trata, que a distinção entre fundamento e garantia seja posta em evidência de maneira explícita.

Para Toulmin (1958), os argumentos verdadeiramente analíticos são raros, até porque apenas os argumentos em que o tempo e a evolução das coisas não podem pôr em questão a respectiva validade podem ser analíticos. É o caso de argumentos matemáticos, uma vez que a validade da sua solução não é limitada pelo tempo. Deste modo, a necessidade de apoio empírico para a alegação de verdade está relacionada com a distinção entre argumento analítico e argumento não analítico. Tendo em conta que, a validade de uma afirmação se diz *a priori* ou *a posteriori*, conforme sua alegação de verdade não precise de apoio empírico ou dele necessite, e que a decisão sobre a verdade ou falsidade das afirmações analíticas é feita apenas com base na lógica, estas afirmações são *a priori* e as inferências indutivas, que têm carácter *a posteriori*, não são enunciados analíticos (Popper, 1975).

Segundo a lógica formal, só os argumentos analíticos podem ser necessários; os argumentos materiais apenas podem ser altamente prováveis, ou seja, um argumento não pode ser, em simultâneo, material e necessário (Toulmin, 1958). Todavia, este autor defende um ponto de vista que também se afasta da lógica formal, considerando que nos textos científicos é possível encontrar argumentos não analíticos que são necessários. O autor defende, também, que sendo

dado o estado actual de uma teoria (por exemplo a dinâmica newtoniana) não se pode colocar em dúvida a necessidade das conclusões nela baseadas. Com base nos cálculos correctamente efectuados e de acordo com processos correctamente estabelecidos, as respostas a que se chega são respostas necessárias, a menos que seja colocada em causa a própria teoria. Quando um argumento material chega inequivocamente a uma conclusão pode usar-se a forma D, G, então necessariamente C mesmo que a relação entre dados (D), fundamento (F) e conclusão (C) não seja analítica. A identificação dos tipos de argumentos só pode ser feita pela análise da natureza dos problemas em questão e da maneira como são estabelecidas as garantias (G) pertinentes para a solução dos mesmos. Os argumentos matemáticos, estudados por si mesmos, enquanto matemática pura, são analíticos. Mas se os cálculos são colocados ao serviço da argumentação prática, embora seja possível a adequação formal sob a forma D, G, então C e o argumento seja classificado de dedutivo, como é hábito entre físicos e astrónomos, a conclusão difere substancialmente no que toca à força dos dados e dos fundamentos tomados em conjunto, pois a passagem para a conclusão implica mais do que uma transformação verbal e o argumento será de tipo material. Os argumentos usados na matemática aplicada, ainda que formalmente idênticos aos que são usados na matemática pura, são argumentos materiais e não analíticos porque a passagem dos dados à conclusão implica que o argumento passe de tipo analítico para material. O argumento pode conservar uma estrutura matemática e pode ser material, permitindo uma passagem real dos dados e fundamento para uma conclusão que é, ao mesmo tempo, inédita e de tipo material. O autor sublinha que analiticidade não é o mesmo que validade formal e nem uma nem outra constituem critério de necessidade e ainda menos de solidez dos argumentos.

Assim, para Toulmin (1958), a divisão entre argumentos analíticos e argumentos materiais não é idêntica àquela que demarca os argumentos cujas conclusões são inferências necessárias daqueles em que elas são eventualmente ou provavelmente válidas; aquela divisão também não coincide com a divisão entre argumentos que aplicam uma garantia e os que estabelecem uma garantia, nem a identificação dos argumentos analíticos pode ser efectuada com base em palavras chave tais como todos ou alguns. Segundo o autor, os lógicos negligenciaram as diferenças que separam algumas distinções cruciais, tais como a distinção entre argumentos necessários e prováveis, argumentos formalmente válidos e os que não podem aspirar a sê-lo, argumentos que se apoiam sobre uma garantia e os que estabelecem uma garantia, argumentos que se podem exprimir em função de conectores lógicos e quantificadores (palavras lógicas tais como todos, nenhum, certo etc.) e entre argumentos analíticos e materiais que é a mais importante de todas. Estas distinções,

apesar de não serem equivalentes, foram reduzidas a uma única e as designações dedutivo e indutivo, que dizem respeito apenas à distinção entre os argumentos que aplicam e os que estabelecem uma garantia, passaram a ser atribuídos indiferentemente a todas. Contudo, é preciso renunciar à utilização, em termos equivalentes, dos advérbios necessariamente, dedutivamente e analiticamente. Analiticidade não é o mesmo que validade formal, e nem uma nem outra constituem critério universal de necessidade, muito menos de solidez dos argumentos. Para Toulmin os argumentos analíticos são um caso particular e podem surgir sérios erros se lhes for dado outro estatuto. Assim, uma lógica ideal, como aquela a que conduziu o modelo matemático, não pode manter laços estreitos com a aplicação prática. Muitos dos problemas actuais da lógica decorrem da adopção do paradigma analítico como norma relativamente à qual pode ser feita a crítica de todos os outros argumentos. Toulmin (1958) considera que é necessário impedir a pretensão de que a lógica formal diga seja o que for sobre argumentos que não sejam os analíticos.

Em síntese, pode dizer-se que, do ponto de vista de Toulmin (1958), os critérios analíticos, quer digam respeito à necessidade, à demonstratividade ou à validade, estão fora de propósito quando se trate de argumentos materiais. Isto significa que se deve tratar cada campo de argumentação material segundo os critérios que lhe são próprios. Como já foi referido, os argumentos usados na matemática aplicada, ainda que formalmente idênticos aos que são usados na matemática pura, são argumentos materiais e não analíticos porque a passagem dos dados à conclusão implica uma transição de tipo analítico para o tipo material e é um erro julgar esta transição de tipo lógico como sendo uma ruptura lógica. A exigência de que todas as formas de argumentação sejam tratadas segundo critérios de analiticidade é uma tentação resultante deste erro (Toulmin, 1958).

Apesar de Toulmin ter tido a preocupação de contribuir para clarificar o uso dos termos dedutivo e indutivo, analítico e não analítico, argumentos que aplicam uma garantia e os que estabelecem uma garantia, quando é usado o termo dedutivo não se diz, habitualmente, que se está a aplicar uma garantia, e quando se usa o termo indutivo não é usual dizer-se que se estabelece uma garantia. Quando é referida a classificação dos argumentos em dedutivos ou não dedutivos, e necessários ou não necessários, embora sem dizerem, de modo explícito, se estas classificações são consideradas equivalentes vários autores (Walton, 1989; Perelman, 1993; Phelan & Reynolds, 1996) associam o termo dedutivo ao carácter necessário da conclusão, pois consideram que, na argumentação dedutiva, quando as premissas são aceites é impossível negar a conclusão sem cair em contradição, ou seja, a aceitação das premissas implica a aceitação da conclusão.

2.2.4. Tipos de argumentos e sua identificação

Os tipos de argumentos sobre os quais os diversos autores se debruçam dependem da perspectiva que esses autores adoptam face à argumentação e da área do conhecimento em que trabalham. Formas de argumentação típicas da área das ciências implicam o desenvolvimento de leis e fórmulas matemáticas, teorias e explicações causais que podem gerar predições e apresentação de evidências a partir da observação e da experimentação (Newton, Driver & Osborne, 1999). Entendeu-se que deveriam ser referidos com algum detalhe, na presente investigação, os argumentos designados por preditivos, uma das formas típicas de argumentação nas ciências Físicas (Toulmin, 1958), e alguns tipos de argumentos (da evidência para a hipótese, da correlação para a causa da causa para o efeito, e baseado numa analogia) seleccionados entre o vasto leque apresentado por Walton (1996), que são usados pelos cientistas no âmbito das Ciências Físicas e Naturais e cujo interesse, na educação em ciências, é realçado por alguns investigadores (Duschl, Ellenbogen & Erduran, 1999).

2.2.4.1. Tipos de argumentos

a) Argumentos preditivos

Como refere Echeverría (2003), para o empirismo lógico, as leis universais ou as teorias gerais podem ser confirmadas através das suas consequências empíricas concretas e determinadas. Estas são inferidas logicamente da lei ou teoria por um processo que é propriamente dedutivo, comum às ciências empíricas e formais. Uma vez levado a cabo este trabalho, tem lugar o passo mais característico das ciências empíricas que é o confronto das predições em causa com a experiência. Assim, para o Circulo de Viena e posteriormente “para muitos filósofos das ciências, o essencial do saber científico é a sua capacidade de predizer com exactidão fenómenos fisico-naturais” (Echeverría, 2003, p.33). De facto, Bunge (1973), autor que se demarca do positivismo lógico, afirma que “uma teoria desprovida de poder de predição não pode ser usada e, além disso, não pode ser sujeita a testes empíricos” (Bunge, 1973, p. 48). Contudo, a solidez dos argumentos preditivos não pode ser tratada independentemente do tempo, pois, segundo Toulmin (1958), pretender que a validade de um argumento preditivo seja uma relação lógica e eterna entre os

enunciados, implica ignorar os factores relativos às circunstâncias da sua enunciação. Entre o momento da predição e o acontecimento predito, a questão do rigor do argumento pode ressurgir de diferentes maneiras. Isto compreende-se examinando o exemplo representado no esquema incluído na figura 5.

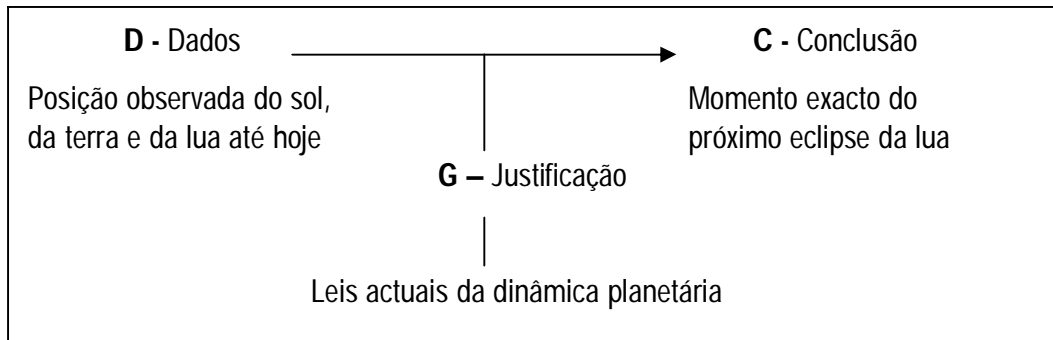


Figura 5 - Exemplo de argumento preditivo (Toulmin, 1985, p. 227)

Pode acontecer que elementos novos se tornem conhecidos e levem a modificar a predição, sem que isso mude as ideias gerais sobre o assunto; ou pode ser que, à medida que cresce a experiência, se torne necessário mudar o ponto de vista sobre a relação entre os elementos de prova e a questão a que dizem respeito. Quer isto dizer que, com o tempo, pode acontecer que seja emitida uma predição diferente a propósito de um dado tipo de acontecimento, ou, ainda, que seja obrigatório retirar a confiança ao argumento inicialmente produzido. Esta alteração torna-se particularmente radical se o acontecimento se desenrola de modo diferente do previsto. Se assim for, a não ser que a predição tenha sido acompanhada de reservas, o argumento ficará comprometido. Neste caso, o argumento que sustenta a predição deverá ser reavaliado segundo novas normas, e sempre que isso se justifique, a partir do momento em que o acontecimento se produziu.

Segundo a lógica formal, as questões que dizem respeito às relações lógicas devem ser tratadas num plano eterno e intemporal, pelo que não há lugar para a referida revisão progressiva das normas (Toulmin, 1958). Por isso, nos argumentos preditivos, as relações entre enunciados e proposições não podem ser relações lógicas, eternas e independentes do contexto. Devem ser relações que não sejam mais eternas do que os enunciados que as unem.

b) Argumento da evidência para a hipótese

O argumento da evidência para a hipótese consiste, segundo Walton (1996), num argumento preditivo de tipo condicional, ou seja, um argumento com a forma: se A é verdadeiro, então B será também verdadeiro. A proposição A é a hipótese e a proposição B é o conseqüente da condição colocada na primeira premissa. Esta condição representa alguma evidência empírica ou circunstancial que pode ser observada ou relatada.

A argumentação da evidência para a hipótese é característica da verificação experimental e da falsificação de uma hipótese no raciocínio científico, e pode apresentar duas formas ou esquemas. A forma que se pode considerar positiva, designada argumento da verificação para a hipótese, é esquematizada da seguinte maneira:

- Se A (a hipótese) é verdadeira, então será observado que B (proposição que se reporta a um evento) é verdadeira
- B foi observada como verdadeira
- Então A é verdadeira

Walton (1996) sublinha que a argumentação deste tipo não é dedutivamente válida. Apesar da aparência conclusiva do argumento, geralmente este tipo de argumentação é de natureza probabilística. Isto porque a verdade da afirmação observada, num dado caso, não confirma a hipótese. Contudo, quanto maior o número de casos de observações positivas mais a hipótese se torna provável.

A forma negativa é designada argumentação por falsificação de uma hipótese e pode ser esquematizada da seguinte forma:

- Se A (a hipótese) é verdadeira, então será observado que B (proposição que se reporta a um evento) é verdadeira
- Foi observado que B é falso
- Então A é falsa

Ao contrário do argumento de verificação, o argumento de falsificação é conclusivo. Trata-se de uma forma válida da lógica dedutiva. A hipótese é refutada por uma única instância negativa. Como vai ser referido no ponto 2.3.2, a assimetria entre estes dois tipos de verificação foi enfatizado por Popper que considerou a falsificação como um tipo de raciocínio característico do pensamento científico, precisamente por causa do seu carácter conclusivo.

c) Argumento da correlação para a causa

O argumento da correlação para a causa consiste, segundo Walton (1996), na inferência de uma relação causal entre dois eventos, a partir de uma premissa que descreve uma correlação positiva entre eles. Esta pode resultar da relação causal mas pode também resultar de um terceiro factor que seja causa dos dois. Apresenta a seguinte forma:

- Existe uma correlação positiva entre A e B
- Então A é a causa de B

A e B são proposições que descrevem eventos que podem ser observados. Walton (1996) comenta que esta é uma argumentação considerada de tipo indutivo porque a força da correlação depende do número de instâncias que apoiam a correlação. Embora seja um tipo de argumentação que falha, frequentemente, por ignorar questões críticas, muitas vezes é considerada presumivelmente correcta. Algumas das questões críticas podem ser traduzidas nas seguintes perguntas: Existe um número significativo de instâncias da correlação positiva entre A e B? Há uma boa evidência de que a relação causal é de A para B e não de B para A? Pode ser posta de parte a ideia de que a relação causal não resulta de um terceiro factor que é, simultaneamente, causa de A e B? Tendo em conta que as questões críticas podem ser respondidas com mais investigação, este tipo de argumentação pode ser razoável e é exagerado dizer que se trata de argumentação falaciosa (como já tem sido classificada), pois isso traduziria um ponto de vista simplista (Walton, 1996).

d) Argumento da causa para o efeito

Segundo Walton (1996), o argumento da causa para o efeito toma a forma de uma predição de que um evento irá causar outro. Poderá ser traduzido pelo seguinte esquema:

- Geralmente, se A ocorre, então B irá (ou poderá) ocorrer
- Neste caso, A ocorreu
- Então, neste caso, B irá (ou poderá) ocorrer

Numa atribuição forte de causalidade, se A ocorre então B irá ocorrer; numa forma fraca, poderá dizer-se que se A ocorreu então B poderá ocorrer. Neste caso, podem ser apresentadas questões críticas tais como: Quão forte é a relação causal? No caso considerado, existirão outros factores que poderão interferir ou contrariar o efeito? Também neste tipo de argumento, as questões críticas podem ser respondidas com mais investigação que poderá conduzir a uma afirmação da maior ou menor força do argumento (Walton, 1996).

e) Argumento baseado numa analogia

O argumento baseado numa analogia pode ser, segundo Walton (1996), esquematizado da seguinte maneira:

- Geralmente, o caso C1 é semelhante ao caso C2
- A é verdadeiro (falso) no caso C1
- Então, A é verdadeiro (falso) no caso C2

Podem ser colocadas questões críticas como por exemplo: Existem diferenças entre C1 e C2 que possam diminuir a força da semelhança citada? Existe algum outro caso, C3, também semelhante a C1 mas em que A seja falso (verdadeiro)? Note-se que esta última questão procura alguma contra-analogia que sirva para refutar o argumento inicial construído por analogia.

Segundo Perelman (1993), o recurso à analogia constitui uma das características da comunicação e do raciocínio não formal e, geralmente, encontra-se no centro de uma visão original. Mas, em certos casos a analogia poderá ser eliminada, por exemplo, quando a conclusão se resume numa fórmula matemática. No caso das Ciências Físicas e Naturais, a analogia pode afirmar uma semelhança, servindo para a invenção de hipóteses e, para os empiristas, a isto se deve limitar. Estes entendem que as analogias devem ser eliminadas da formulação dos resultados da investigação científica. Depois de realizadas as investigações orientadas pela analogia e de obtidos os resultados experimentais, o investigador poderá abandonar a analogia. Foi o que aconteceu no caso da analogia estabelecida entre a corrente eléctrica e a corrente hidráulica que orientou as

primeiras experiências no domínio da electricidade, vindo este a desenvolver-se, ulteriormente, de maneira independente (Perelman, 1993).

Entre os argumentos referidos, além dos argumentos preditivos que Toulmin (1958) classifica como dedutivos, apenas o argumento de falsificação de uma hipótese se situa nas formas válidas da lógica dedutiva (Walton, 1996).

No que diz respeito aos argumentos indutivos, Phelan e Reynolds (1996) entendem que deve ser feita uma distinção entre argumentos fortes e fracos, distinção essa que clarificam através de exemplos. Como argumento que pode ser considerado forte, apresentam o seguinte:

- Porque
- Helena é uma finalista de estudos de economia
- E porque
- Mais de 90% dos estudantes de economia passam os seus exames
- Helena irá passar

A frase que inclui 90 % sumariza um largo montante de informação recolhida ao longo de muitos anos, em muitas instituições. Contudo, esta evidência não pode dar a certeza que Helena deverá passar nos exames. Haverá sempre possibilidade da inferência não ser válida. Bastará uma única instância para refutar a conclusão. Quando se argumenta desta forma a partir da evidência é importante olhar a evidência como uma série de constações e ter em conta a insuficiência da mesma. Como exemplo de um argumento fraco, os autores apresentam:

- Porque
- 37% dos condutores que morrem em acidentes de tráfico rodoviário não usam cintos de segurança
- Então
- É perigoso conduzir sem uso de cinto de segurança.

Embora a evidência seja um suporte da conclusão, a força deste suporte depende da proporção de condutores que, relativamente ao total, não usa cintos. Se 97% dos condutores não usassem cintos então seria possível concluir, pelo contrário, que seria seguro conduzir sem cinto. Trata-se, portanto, de um argumento fraco.

O conjunto de tipos de argumentos referidos foi selecionado considerando que, para a análise e avaliação das práticas argumentativas dos alunos, no contexto do laboratório de ensino das ciências, há que ter em conta não só os argumentos de tipo dedutivo e indutivo, mas, também, outras formas de argumentação usadas em ciências que são ferramentas importantes da actividade científica como é o caso das analogias que também podem ter interesse na aprendizagem das ciências (Brown, 1994; Treagust *et al.*, 1996).

2.2.4.2. A necessidade de identificar os tipos de argumentos nas sequências argumentativas

Para proceder à análise de um diálogo argumentativo, antes da classificação e avaliação dos argumentos em diferentes tipos, é necessário proceder à identificação dos mesmos. Phelan e Reynolds (1996) referem que, na prática, cada argumento particular é parte de uma rede complexa de pensamento que pode incluir inferências dos tipos indutivo e dedutivo. Os autores consideram que, sendo duas formas distintas de argumentar, a distinção entre elas é necessária para clarificar a argumentação. Assim, no exemplo “toda a radiação descarregada no ambiente é perigosa; e porque as estações nucleares descarregam radiação para o ambiente; então as estações nucleares são perigosas”, a conclusão torna explícita uma afirmação já implícita nas premissas. Seria inconsistente aceitar as duas premissas e negar a conclusão, porque as duas primeiras premissas implicam a conclusão. No entanto, se existirem algumas excepções relativas a alguns tipos de radiação a conclusão deixa de estar contida nas premissas, o argumento não é dedutivo. Assim sendo, para classificar o argumento tem que ser analisada a forma como a situação foi caracterizada no decorrer do discurso (Walton, 1989).

Dado que, qualquer argumento deve ser avaliado no contexto de diálogo em que ocorre, por vezes, é necessário tratar com argumentos extensos e complexos. De facto, na prática, os argumentos são muitas vezes macroestruturas, constituídas por subargumentos. A melhor maneira de lidar com uma rede complexa de argumentação é começar por identificar um ou mais destes subargumentos que, uma vez identificados, devem ser avaliados (Walton, 1989).

Ponto de vista semelhante está presente na abordagem apresentada por Brink-Budgen (2000), autor que considera que a identificação de um argumento implica a identificação de uma conclusão e das razões para essa conclusão. Este autor traduz essa ideia através de um esquema, muito simples, tal como se representa na figura 6.

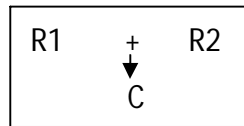


Figura 6 - Razões e conclusão de um argumento (Brink-Budgen, 2000, p. 29)

Contudo, a identificação completa de um argumento pode implicar a identificação de conclusões intermédias, que desempenham o papel de razões e que justificam a conclusão final. O autor apresenta várias situações deste tipo, sendo que, entre elas, uma se encontra esquematizada na figura 7.

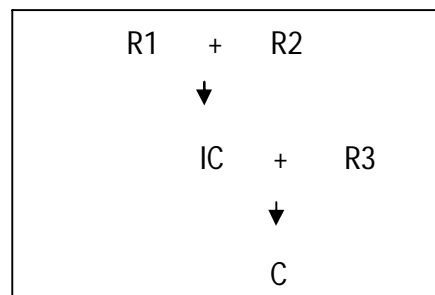


Figura 7 – Razões, conclusão intermédia e conclusão de um argumento (Brink-Budgen, 2000, p. 42)

Segundo Brink-Budgen (2000), de acordo com cada situação concreta, pode ser mais ou menos fácil a identificação das razões e as cadeias de raciocínio podem ser mais ou menos longas e complexas. O mesmo tipo de motivos justifica que, muito do trabalho da pragmática lógica consista numa fase preliminar de clarificação daquilo que é o argumento (Walton, 1989). Muitas vezes, antes de avaliar os argumentos como fortes ou fracos, é necessário identificá-los. Nos contextos reais de disputa, muitos argumentos são confusos, extensos e incompletos e parecem conduzir para uma direcção pouco clara. Segundo Walton (1989), um problema típico da pragmática lógica é que factores importantes que afectam o contexto do diálogo podem ser pouco claros ou ambíguos.

A representação de cadeias de argumentação através de esquemas, mais ou menos complexos, como os que são apresentados por Brink-Budgen (2000), revela-se, contudo, relativamente simples, pois resulta de classificar como razões tudo aquilo que conduz à conclusão, ou seja, as razões incluem os dados, garantia e fundamento que neste tipo de esquemas não aparecem de forma explícita. No caso de se pretender proceder a essa explicitação recorrendo ao modelo de Toulmin (1958), as cadeias de argumentação terão de apresentar um aspecto ainda mais complexo, mas também, mais elucidativo do processo de argumentação em causa.

2.3. A argumentação na construção do conhecimento

Neste subcapítulo destacam-se algumas questões centrais que vão ser abordadas em pontos distintos. Assim, num primeiro ponto será abordada a concepção empirista e indutivista das ciências e a exclusão do contexto de descoberta da reflexão epistemológica com o decorrente desinteresse pelo papel da argumentação (2.3.1); em um segundo ponto será abordada a questão dos critérios de demarcação entre conhecimento científico e não científico: a verificação, a verificabilidade em princípio, a confirmação progressiva e a falsificação (2.3.2); em um terceiro ponto será referida a viragem provocada pelo pensamento de Kuhn e o papel das anomalias e da argumentação no seio da comunidade científica na mudança de paradigma (2.3.3); seguidamente retoma-se a questão do contexto de descoberta e aborda-se a questão da racionalidade e a relevância da argumentação e da retórica no seio da comunidade científica (2.3.4); por fim referem-se as consequências pedagógicas decorrentes de concepções epistemológicas que actualmente são consensuais (2.3.5).

2.3.1. A argumentação e a evolução das ciências modernas

O papel da argumentação no processo de construção e validação do conhecimento na área das ciências não tem sido igualmente reconhecido por todas as concepções filosóficas sobre as ciências. No entanto, a argumentação esteve sempre presente no seio da comunidade científica desde o nascimento das ciências modernas. A obra científica de Galileu e o seu julgamento, referência quase obrigatória nos relatos sobre a origem das ciências modernas, mostram que Galileu teve que construir uma nova forma de argumentar (Stengers, 1987) para convencer a comunidade científica da época sobre a validade das suas ideias.

Na verdade, os pontos de vista de Galileu não estavam apenas em conflito com o pensamento religioso. Se a astronomia pré-copernicana estava em dificuldades, confrontando-se com uma série de refutações e de implausibilidades, a teoria copernicana à qual Galileu aderiu estava em dificuldades ainda maiores (Feyerabend, 1993). Contudo, as refutações a que a teoria de Copérnico estava submetida acabaram por ser desarmadas por hipóteses *ad hoc* (estas admitem a existência de outros factores responsáveis pelo facto da teoria falhar) e por técnicas de persuasão mais perspicazes (Feyerabend, 1993). Também Chalmers (1994b) afirma a importância da argumentação de Galileu na imposição das suas ideias, e considera que Feyerabend exagera no

modo como se refere ao processo que conduziu à aceitação dessas ideias. De facto, Chalmers afirma que mesmo os que inicialmente se opuseram a Galileu vieram a concordar com a força dos argumentos que apoiavam as suas observações e que tinham origem “na amplitude dos testes práticos e objectivos pelos quais suas asserções passaram com sucesso” (Chalmers, 1994b, p. 78). Assim, ao contrário de Feyerabend (1993) que apenas se refere a técnicas de persuasão, Chalmers (1994) refere-se a uma argumentação baseada nos resultados de testes práticos.

Referindo-se aos esquemas do plano inclinado, encontrados nos escritos de Galileu, Stengers (1987) considera que eles sugerem uma nova forma de argumentar em que o dispositivo pode ser visto como gerador de um conjunto de casos, cada um respondendo a uma dúvida possível. Galileu dá a palavra ao dispositivo que faz ‘falar’ o fenómeno e faz calar os seus adversários, pois, ao permitir a variação e o controlo das variáveis independentes, consegue convencer o céptico de que existe uma única maneira de as articular (Stengers, 1997). Todavia, segundo esta autora, Galileu “determina *a priori* aquilo que, na queda observável, deve ser considerado significativo e o que deve ser julgado como simples perturbação insignificante” (Stengers, 1987, p.335). Para esta autora trata-se de um empreendimento arriscado, pois supõe que o fenómeno isolado e retrabalhado em condições de laboratório é, na sua essência, o mesmo que ocorre na natureza. Este risco é subestimado por uma visão científica do mundo que pressupõe que se pode decidir o que é pertinente e o que é insignificante, em condições experimentais particulares, sem ter em conta a complexidade do sistema real. Além disso, ao fazer a separação conceptual entre a queda, tal como se produz no vazio, e nas condições em que existe atrito, Galileu toma uma decisão teórica (Stengers, 1987). Esta separação conceptual, que os aristotélicos consideravam inadmissível, orientou a experimentação com “o fenómeno tecnicamente redefinido no laboratório e purificado ao máximo de toda a perturbação mediante critérios teóricos” (Stengers, 1987, 336). Tais critérios teóricos que nem sempre foram reconhecidos são, hoje, à luz dos pontos de vista mais actuais da filosofia da ciências, genericamente aceites.

Segundo Chalmers (1994), a aceitação de critérios teóricos não é incompatível com a possibilidade de uma observação objectiva, no sentido de que “as observações de Galileu encerravam procedimentos de rotina que, se hoje repetidos, dariam mais ou menos os mesmos resultados obtidos por ele” (Chalmers, 1994b, p. 84). Neste sentido, o autor considera que “objectividade é uma realização prática, uma realização que muitas vezes, ainda que não sem dificuldade, é obtida na física” (Chalmers, 1994b, p.71). Actualmente, aceita-se que, ao introduzir instrumentos e experiências controladas, Galileu transformou as bases de observação das ciências.

O seu ponto de vista encerrava uma transformação “nos padrões que regiam o que deve ser considerado evidência satisfatória em ciência” (Chalmers, 1994b, p. 72). Devido à existência de factores subjectivos na percepção, a simples observação foi sendo substituída por uma observação que usa instrumentos que permitem a medição controlada. Deste modo, valoriza-se a observação efectuada em circunstâncias padronizadas e muitas das idiosincrasias da percepção humana podem ser superadas (Chalmers, 1994b). Contudo, “a suficiência e o significado dos relatos de observação dependem de hipóteses teóricas de vários tipos e, conseqüentemente, são passíveis de falha e revisão” (Chalmers, 1994b, p.69). Esta interdependência entre observação e teoria não foi reconhecida pelas concepções empiristas e indutivista das ciências.

Chalmers (1994a) designa por indutivismo ingénuo a caracterização do método das ciências desenvolvida por Bacon no século XVII, na sequência do trabalho de pioneiros como Galileu e Newton. De acordo com esta caracterização, o conhecimento em ciências começa com a observação imparcial e sem qualquer influência teórica; os enunciados observacionais de um observador livre de preconceitos podem ser justificados como verdadeiros; estes enunciados proporcionam uma base segura a partir da qual se pode derivar, mediante indução, as leis e teorias que constituem o conhecimento em ciências; e este conhecimento apresenta um crescimento contínuo. De acordo com o indutivismo, o conhecimento em ciências assentava, portanto, numa distinção clara entre a observação directa que lhe serve de base e as teorias que são justificadas, na medida em que recebem apoio indutivo, com firme base observacional.

Todavia, esta distinção nunca foi pacífica. Desde Bacon e Descartes, o grande debate metodológico das ciências modernas tem sido o de saber qual a participação, na criação do conhecimento, da teoria e dos factos, ou dos conceitos e da observação, ou ainda do sujeito e do objecto (Santos, 1989). Segundo Edgar Morin foi Descartes que formulou a grande disjunção que viria a “dominar o mundo ocidental: entre o objecto e o sujeito, entre a natureza e o homem que deve dominá-la. A partir daí o autoconhecimento ficava confinado à filosofia e o conhecimento objectivo à ciência” (entrevista concedida a Pessis-Paternak, 1993, p. 87).

As tentativas feitas pelos filósofos do séc. XVII para procurar um método científico universal, que devia reger o progresso e a avaliação das ciências, e um só critério universal e intemporal, através do qual deviam ser julgados os méritos relativos de teorias rivais, concentraram-se em dois aspectos da natureza humana: “a capacidade que os seres humanos têm de raciocinar e a capacidade de observar o mundo por meio dos sentidos” (Chalmers, 1994b, p. 24). Os racionalistas clássicos, como Descartes, valorizaram o primeiro aspecto, a natureza do conhecimento; suas

origens e seus limites deveriam ser entendidos em termos da razão. Os empiristas, ao valorizarem o segundo aspecto, ficaram perante o problema da falibilidade dos sentidos e do campo restrito dos mesmos e, também, perante o problema de “justificar as generalizações que necessariamente ultrapassam a evidência proporcionada pelas aplicações dos sentidos” (Chalmers, 1994b, p. 25). De facto, a necessidade de justificar as generalizações colocou em destaque o designado problema da indução. Quando a partir de grande número de enunciados singulares, que constituam aplicações bem sucedidas da indução, se conclui a validade de um enunciado universal, que afirma a validade do princípio da indução, está-se a utilizar a indução para justificar a indução (Chalmers, 1994 a). Além disso, as argumentações indutivas não são logicamente válidas, pois o facto das premissas serem verdadeiras não implica que a conclusão seja verdadeira; “é possível que a conclusão de uma argumentação indutiva seja falsa e que as suas premissas verdadeiras sem que isso implique contradição” (Chalmers, 1994 a, p.28).

Todavia, só os indutivistas ingênuos defendiam a posição de que as ciências começa com a observação imparcial e sem qualquer carga teórica. No século XX veio a desenvolver-se um ponto de vista indutivista mais sofisticado que estabelecia uma distinção entre o modo como, na prática científica, surge uma teoria pela primeira vez, e o modo como a teoria é justificada e como se estabelecem os seus méritos (Chalmers, 1994b). Esta distinção ocorreu depois da filosofia das ciências se ter afirmado e consolidado como disciplina a partir de 1922 na cátedra de filosofia das ciências indutivas de Viena. Segundo Echeverría, (2003), foi Reichenbach que, nos finais dos anos 30 do século XX, por considerar que a filosofia se devia ocupar apenas dos resultados finais da investigação científica e não da sua génese, explicitou a distinção entre o contexto de descoberta e o contexto de justificação. Esta distinção marcou durante muitos anos a filosofia das ciências do século XX que excluiu o contexto de descoberta da reflexão epistemológica. Ao prescindirem dos processos que conduzem aos novos conceitos, factos e teorias, os filósofos das ciências perderam de vista aspectos essenciais da prática científica, tornando-se, acima de tudo, epistemólogos (André, 2003) interessados no conhecimento científico, na sua estrutura lógica e metodológica interna e não no modo como foi contruído esse conhecimento (André, 2003). Assim, com base numa reflexão epistemológica, feita por filósofos obcecados pela ideia de conhecimento certo e objectivo, que manteve total distância em relação às vicissitudes da prática científica (Santos, 1989), as concepções que se afirmaram nas primeiras décadas do século XX aceitaram a separação entre contexto de descoberta e contexto de justificação e, ao excluírem o contexto de descoberta da reflexão epistemológica, procuraram iludir parte da crítica que era feita ao indutivismo, ou seja, a

crítica que era dirigida contra a afirmação de que a ciência começa com a observação (Chalmers, 1994a).

Enquanto a perspectiva indutivista foi dominante na filosofia das ciências, não houve condições para o reconhecimento de que a argumentação no seio da comunidade científica tem um papel relevante no processo de construção e validação do conhecimento científico. Isto decorre das características anteriormente referidas, ou seja, da aceitação da possibilidade de uma observação sem qualquer carga teórica, da aceitação da existência de um método científico universal que devia reger o progresso e a avaliação das ciências, da aceitação de que estas teriam a ver com conhecimento objectivamente comprovado, e da falta de atenção ao contexto de descoberta, que seria apenas do interesse dos historiadores. Na verdade, quando se dá atenção ao contexto de descoberta e se atenta no modo como foi contruído o conhecimento científico reconhece-se o papel da argumentação no processo de construção e validação do conhecimento na área das ciências que não foi reconhecido pelas concepções que dominaram a filosofia das ciências durante a primeira metade do século XX como seguidamente se continuará a explicitar.

2.3.2. A verificação, a confirmação progressiva e a falsificação como critérios de demarcação

Quando, na segunda década do século XX, em torno da cátedra de filosofia das ciências indutivas de Viena, se constituiu o Círculo de Viena, considerado a primeira grande escola de epistemologia e teoria das ciências, emergiu uma concepção filosófica sobre as ciências que veio a ser conhecida como empirismo lógico ou positivismo lógico (Echeverría, 2003).

O grupo de filósofos das ciências e cientistas que estiveram na origem da constituição do Círculo de Viena puseram todo o cuidado no desenvolvimento de regras lógicas coerentes que indicassem como derivar enunciados teóricos a partir de enunciados observacionais, e opuseram-se à especulação teórica, por não aceitarem a elaboração de afirmações teóricas sem dados observáveis (Duschl, 1997). Os enunciados científicos seriam de dois tipos: as proposições analíticas (que dizem respeito à matemática, à lógica e às ciências formais) que não são empíricas, e os enunciados das ciências empíricas, em princípio, confirmados por meio da experiência (Echeverría, 2003). Com o empirismo lógico, o cálculo e a experiência passaram a ser considerados como os únicos meios racionais de conhecimento (Echeverría, 2003). Assim, na passagem do racionalismo clássico ao positivismo lógico, o conceito de racionalidade tornou-se mais limitado, sob a influência

da lógica matemática. Na verdade, os racionalistas, que durante mais de dois séculos partilharam o ponto de vista de Descartes, quer considerassem o modelo da razão, as ciências matemáticas e o método dedutivo, ou as ciências físicas e o método indutivo, quer atribuíssem o primado ao *a priori* ou à experiência, perseguiram a ideia de que, em princípio, todos os problemas eram susceptíveis de uma solução racional e consideravam que o uso da razão dizia respeito a todos os domínios da actividade humana (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1952). Mas com o positivismo lógico, “constata-se, ao mesmo tempo, um maior rigor na utilização dos meios de prova e uma diminuição de pretensões” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1952, p. 111).

De acordo com o positivismo lógico, (ao contrário das ciências formais, como a matemática, cujos enunciados não são portadores de informação sobre o mundo e são analíticos) os enunciados das ciências empíricas seriam verdades *a posteriori* e deviam, em princípio, ser confirmados pela experiência. Contudo, os enunciados gerais não podem ser directamente verificados por confronto com a experiência. “O que se pode fazer é extrair as consequências lógicas concretas de uma lei ou de uma teoria e comprovar que, efectivamente, a experiência ratifica os resultados considerados” (Echeverría, 2003, p. 33). Estas consequências são derivadas através de raciocínio de tipo dedutivo que é logicamente justificável (Chalmers, 1994a). Assim, para o Círculo de Viena, as predições adquiriram particular importância na medida em que, como já foi referido, se passou a considerar que o essencial do saber científico é a sua capacidade para prever exactamente fenómenos físico-naturais. “Quando se verifica a correcção de uma determinada predição, as teorias e as leis, senão verificadas, são pelo menos confirmadas, ainda que parcialmente” (Echeverría, 2003, p. 33). Mas a verificação nunca é total, uma vez que existem sempre outras consequências que não foram verificadas e o critério de verificação veio a sofrer várias modificações, a primeira das quais foi a substituição da verificação pela verificabilidade em princípio. Assim, a possibilidade de, em princípio, poder ser feita a verificação experimental das predições permitia distinguir as ciências de outros tipos de saber humano, passando a ser “o critério de distinção entre as ciências empíricas e os outros tipos de saber” (Echeverría, 2003, p. 30).

Por outro lado, “as inferências das ciências empíricas deviam satisfazer requisitos lógicos e, em particular, deviam adaptar-se às formalizações derivadas da lógica matemática então vigente” (Echeverría, 2003, p.31). Deste modo, as ciências empíricas deviam ter bases sólidas, não só na experiência mas também na lógica, e o critério de verificabilidade veio a evoluir para uma posição que admitia a confirmação progressiva e graus de confirmação dos enunciados empíricos. “A lógica permitiria fundamentar o critério de significação empírica, inicialmente baseado na verificabilidade

observacional e, por fim, no grau probabilístico de confirmação de uma determinada hipótese” (Echeverría, 2003, p.36). Assim, o princípio da indução foi modificado com a introdução de uma versão probabilística que procurava atribuir probabilidades às leis e teorias científicas. Este autor refere que, a partir de 1949, Carnap desenvolveu uma teoria do grau de confirmação na qual combinou o empirismo inicial do círculo de Viena com a lógica probabilística. Na verdade, Carnap (1950) defendeu uma lógica da indução através de uma abordagem em que estabelece um paralelismo entre lógica dedutiva e a lógica indutiva que vai, de seguida, ser referida com algum pormenor.

A abordagem de Carnap (1950) ao problema da indução e probabilidade é caracterizada pelos seguintes concepções básicas: todo o raciocínio indutivo, no sentido amplo de não dedutivo ou não demonstrativo, é um raciocínio em termos de probabilidade; a teoria dos princípios do raciocínio indutivo é a mesma da lógica da probabilidade; o conceito de probabilidade, no sentido de frequência relativa (empírico), não serve como conceito básico da lógica indutiva; o conceito de probabilidade, no qual está baseada a lógica indutiva, é uma relação lógica entre duas proposições, que informa sobre grau de confirmação de uma hipótese (ou conclusão) na base de alguma evidência (ou premissas); todos os princípios da lógica indutiva são analíticos; a validade do raciocínio indutivo não depende de qualquer pressuposição não analítica.

Para a caracterização do grau de confirmação de uma hipótese, Carnap (1950) recorre ao termo probabilidade, distinguindo dois conceitos:

- Probabilidade no sentido de grau de confirmação de uma hipótese H com respeito a uma evidência E (por exemplo um relato observacional); trata-se de um conceito semântico e lógico que designa por probabilidade 1.
- Probabilidade no sentido de frequência relativa; trata-se de um conceito factual, empírico, que designa por probabilidade 2.

Segundo Carnap (1950), o termo probabilidade foi introduzido em meados do século XIX e apareceu, nos primeiros livros sobre o assunto, no sentido de probabilidade¹, como suporte de evidência para um acontecimento ou como credibilidade racional para uma assumpção, mais especificamente, grau numérico desse suporte ou dessa credibilidade. Até meados do século XIX o termo era usado neste sentido (probabilidade¹), aplicado a um evento ou hipótese com respeito a um dado corpo de evidência.

Carnap (1950) explica que a interpretação de probabilidade como afirmação factual da futura frequência relativa decorreu da falta de distinção entre uma estimativa de frequência e a predição de um valor. Foi esta falta de distinção que deu origem à mudança inadvertida no sentido da palavra probabilidade do velho sentido probabilidade 1 para o novo sentido probabilidade 2. A evidência pode consistir em informação estatística ou frequência relativa de uma certa propriedade dentro de uma população, e a hipótese pode ser a assumpção de que um dado elemento, pertencente a essa população, tem essa propriedade (inferência indutiva directa). Por exemplo a afirmação - a frequência relativa da propriedade M numa população K é Q, então a probabilidade de um elemento de K ser M é Q - diz respeito a uma estimativa de frequência e não pode ser entendida como predição. Efectivamente, Carnap (1950) defende que a afirmação de um enunciado de probabilidade é uma afirmação puramente lógica e não pode ser considerada uma predição factual por ser incompatível com o princípio da verificação, já que não é possível especificar qualquer desfecho que a possa verificar ou refutar categoricamente.

Pelo contrário, Toulmin (1958) considera que nada impede que se trate de uma predição e faz a crítica da posição de Carnap (1950) recorrendo à frase que este apresentou como exemplo: há uma possibilidade em cinco de que chova amanhã. Visto não existir um desfecho que a possa verificar ou refutar categoricamente, Carnap (1950) defendeu que a afirmação em causa não é uma afirmação factual. No entanto, para Toulmin (1958), é precisamente por esse mesmo motivo que se recorre ao termo probabilidade, pois trata-se de uma predição matizada por uma certa probabilidade. Só os enunciados que se afirmam como verdades categóricas devem ser avaliados segundo o princípio da verificação, por isso mesmo, dele devem ser dispensadas as predições emitidas com reservas. Assim, Toulmin (1958) considera que os elementos necessários para justificar uma predição matizada pelo advérbio - provavelmente - são em menor número do que os que são requeridos por uma predição categórica.

Com base no conceito de grau de confirmação de uma hipótese H com respeito a uma evidência E (conceito semântico e lógico que designa por probabilidade¹), Carnap (1950) fez um paralelismo entre lógica dedutiva e lógica indutiva, clarificando esta analogia através de dois exemplos, um da lógica dedutiva e outro da lógica indutiva. O exemplo da lógica dedutiva é apresentado através das premissas e conclusão:

premissas (E) - todo o homem é mortal; Sócrates é um homem;

conclusão (H) - Sócrates é mortal.

A afirmação de que E implica H, uma vez providenciada a definição de implicação, é estabelecida por uma análise lógica dos significados de E e H.

O exemplo da lógica indutiva é apresentado através de evidências (ou premissas) e hipótese (ou conclusão):

evidências (E) - o número de habitantes de Chicago é 3 milhões; dois milhões desses têm cabelo negro; B é um habitante de Chicago;

hipótese (ou conclusão) (H) - B tem o cabelo negro (com grau de confirmação $2/3$).

Tal como no exemplo da lógica dedutiva, uma vez providenciada a definição de grau de confirmação, a afirmação de que o grau de confirmação da hipótese H, com respeito à evidência e, é igual a $2/3$, é estabelecida por uma análise lógica dos significados das frases (E) e (H). Carnap (1950) considera que, no primeiro exemplo, a questão de saber se as premissas são bem estabelecidas, altamente confirmadas, ou aceites é irrelevante para a conclusão e só interessa para as suas aplicações. Do mesmo modo, no segundo exemplo, a questão de saber se as premissas (evidências) são bem estabelecidas, altamente confirmadas ou aceites é irrelevante para a conclusão e só interessa para as suas aplicações. "A lógica dedutiva e indutiva são análogas na medida em que investigam relações lógicas entre frases; a primeira estuda relações de implicação, a segunda as de graus de confirmação que podem ser considerados uma medida numérica para uma implicação parcial" (Carnap, 1950, p. 206). Deste modo, pode compreender-se o comentário de Echeverría (2003) sobre a forma como o positivismo lógico encarou a confirmação indutiva que "foi considerada uma relação lógica, confirmar indutivamente seria análogo a implicar dedutivamente" (Echeverría, 2003, p. 37). De qualquer modo, o positivismo lógico afirmou a indução como método principal das ciências empíricas, considerando que uma hipótese possui uma probabilidade indutiva que vai aumentando ou diminuindo dependendo dos resultados das experiências confirmarem, ou não, a hipótese em causa (Echeverría, 2003).

Assim, um dos aspectos importantes do positivismo lógico é o papel da lógica que se aplica à verificação ou ao grau probabilístico de confirmação, ou seja, ao contexto de justificação, mas que nada tem a ver com a criação das teorias ou com o contexto de descoberta (Echeverría, 2003). O contexto de descoberta não interessava para um indutivista sofisticado do positivismo lógico, tal como não interessava para o indutivista ingénuo, uma vez que os filósofos não teriam que se ocupar com a forma como se produz a descoberta científica. De acordo com esta concepção, que aceitou a separação dos contextos de justificação e de descoberta, este último foi excluído da reflexão epistemológica. Assim, quer a origem histórica dos conceitos, das leis e das teorias científicas, quer

o modo como os seus autores as haviam alcançado, pertenciam à história das ciências e ficavam fora da reflexão epistemológica. A epistemologia devia trabalhar, posteriormente, partindo dessas construções como algo já elaborado, pronto a confrontar-se com a experiência (Echeverría, 2003).

Tendo em conta que os positivistas lógicos se opuseram à especulação teórica, por não aceitarem a elaboração de afirmações teóricas sem dados observáveis e que excluíram o contexto de descoberta da reflexão epistemológica, e tendo, ainda, em conta que, de acordo com o positivismo lógico, o critério de demarcação evoluiu no sentido de se apoiar num grau de confirmação logicamente justificado, percebe-se que o papel da argumentação na construção e validação do conhecimento científico não tenha sido reconhecido enquanto esta perspectiva foi dominante na filosofia das ciências.

Apesar do positivismo lógico ter encontrado resistência desde o início (Duschl, 1997), as obras que o refutavam não conseguiram deter a sua popularidade, pois não lhes foi atribuída grande relevância (Chalmers, 1994a). Segundo Echeverría (2003), foi o que se passou quer com a crítica de Popper, publicada em 1934, que só a partir do final dos anos 50 (do século XX) veio a ter repercussão considerável, quer com a crítica, realizada por Toulmin nas suas primeiras obras publicadas em 1953 e 1961 que só tiveram repercussão mais tarde depois do Simpósio de Urbana realizado em 1969.

Nos finais do século XX, alguns autores (Chalmers, 1994a; Millar, 1991) consideraram que falharam as tentativas dos filósofos para produzirem uma lógica da indução, ou seja, um conjunto de regras que permitem o salto de um conjunto discreto de instâncias para uma generalização universal. As inferências indutivas que passam de enunciados singulares (ou particulares) a enunciados universais, não são consideradas logicamente justificáveis (Millar, 1991) e a ideia de que a observação é conduzida pela teoria veio a ser largamente aceite. Por este motivo, vão ser referidos, com algum detalhe, os pontos de vista de alguns filósofos que afirmaram uma posição crítica relativamente ao indutivismo e ao positivismo lógico.

Entre os referidos filósofos encontra-se Popper que, como foi referido no ponto 2.2.1, considera a metodologia científica como sendo fundamentalmente dedutiva. Opondo-se ao indutivismo, afirma que todo o conhecimento, incluindo as observações, se encontra impregnado de teoria.

“Uma observação é uma percepção, mas uma percepção planeada e preparada. Não ‘temos’ uma observação (como podemos ‘ter’ uma experiência de sentidos) mas ‘fazemos’ uma observação [...] Sempre uma observação é precedida por um interesse particular, uma indagação, ou um problema – em suma, por algo teórico” (Popper, 1975, p. 314).

Assim, ao contrário da concepção indutivista que fazia depender as teorias dos factos observados, na concepção de Popper as teorias são as autênticas unidades de partida da metodologia científica. Segundo Echeverría (2003), para Popper as teorias são sistemas hipotéticos complexos que permitem explicar maior ou menor número de fenómenos empíricos, mas nunca todos os que se apresentam numa disciplina determinada e num dado momento histórico. Echeverría (2003) comenta que, para Popper, “os cientistas, a partir desses sistemas hipotéticos, deduzem consequências que coincidem em maior ou menor grau com a experiência [...] Em qualquer caso, nunca uma teoria surge por indução a partir de factos e observações simples” (p.96). Na verdade, Popper (1975) afirma que o que parece indução é, de facto, raciocínio hipotético bem testado e bem corroborado, pois existe um método de corroboração que é a tentativa séria de refutar uma teoria. “Se essa tentativa falhar pode-se conjecturar, em terreno racional, que a teoria é uma boa aproximação de verdade - melhor, de qualquer forma, do que a sua predecessora” (Popper, 1975, p. 100).

Echeverría (2003) utiliza o conceito de grau de corroboração, introduzido por Popper, para afirmar que uma teoria possui maior grau de corroboração não por ter sido mais verificada, mas sim por não ter sido refutada em campos em que a sua predecessora já o tenha sido, ou seja, por ter resistido a mais críticas e contrastações, tendo experimentado testes mais severos. As teorias podem ser refutadas ou, no melhor dos casos, corroboradas em certa medida mas não confirmadas e, qualquer que seja o grau de corroboração de uma teoria, esta poderá sempre vir a ser refutada. Assim, a actividade do cientista é uma actividade crítica que tenta refutar as teorias. Não significa isto porém que os cientistas abandonem a procura da verdade até porque as discussões críticas de teorias são dominadas pela ideia de encontrar uma teoria explicativa verdadeira (Popper, 1975). Dado que as refutações empíricas poderiam ser evitadas, salvando uma teoria com a ajuda de hipóteses auxiliares, o autor afirma que teve que reconhecer “[...] a importância fundamental de uma abordagem crítica; isto é, de uma abordagem que evitasse a política de imunizar nossas teorias contra a refutação” (Popper, 1975, p. 40). A atitude crítica é, assim, encarada como característica da atitude racional e torna-se fundamental perceber o significado da função argumentativa (ou crítica). Segundo Echeverría (2003), para Popper se as hipóteses auxiliares satisfazem condições bem definidas representam progresso científico, mas se as hipóteses auxiliares não satisfazem essas condições, representam degeneração e são meros expedientes linguísticos, não admissíveis, que classifica de hipóteses *ad hoc* (Echeverría, 2003). Ao mesmo tempo, Popper (1975) reconhece

“também o oposto: o valor de uma atitude dogmática; alguém teria que defender uma teoria contra a crítica, ou ela sucumbiria com demasiada facilidade, antes de poder dar suas contribuições ao crescimento da ciência” (Popper, 1975, p. 40).

Assim, para Popper, as teorias científicas nunca podem ser verificadas; tudo quanto se pode fazer é procurar o conteúdo de falsidade da melhor teoria, tentando refutá-la. Ou seja, as teorias científicas nunca são categóricas, mas sim conjecturais. “A função empírica consiste em refutá-las, ou no melhor dos casos em corroborá-las em certa medida, mas não em ratificar ou confirmar as teorias” (Echeverría, 2003, p. 96). Entre verificabilidade e falsificabilidade, o autor salienta uma assimetria: um número finito de instâncias que confirmem uma teoria nunca permitem afirmar que ela é verdadeira, mas uma única instância em que não se verifique impede a generalização. Uma teoria “é falsificável em grau mínimo se proíbe apenas um acontecimento empírico. [...] Se de uma teoria é derivado um conjunto de consequências e se, por outro lado, somos capazes de formular uma série de enunciados contraditórios com essas consequências, possuímos uma série de falsificadores potenciais da teoria em causa” (Echeverría, 2003, p.99). Assim, o conteúdo empírico de uma teoria equivale ao seu grau de falsificabilidade. Para Popper, as ciências procedem por autocorreção através de conjecturas ousadas (teorias de maior conteúdo empírico do que a teoria que, se espera, seja superada por elas) e tentativas engenhosas para refutá-las.

De acordo com o critério proposto por Popper, uma teoria é científica se pode ser falsificada por meio da experiência (no caso das teorias empíricas) ou por meio do seu carácter internamente contraditório (no caso das teorias lógicas e matemáticas). A possibilidade de mostrar, através da experiência, que uma teoria é falsa com base nas suas predições é o sinal que distingue as ciências de outros tipos de saberes (Echeverría, 2003). Deste modo, a possibilidade de ser falsificada é o critério de demarcação das ciências; aquilo que não versa sobre a experiência e não é falsificável por ela pode perfeitamente ter sentido, mas não é científico. Enquanto um indutivista pode tomar como critério universal de escolha de uma teoria o grau de apoio indutivo que a teoria recebe dos factos, traduzido no grau probabilístico de confirmação da mesma, um falsificacionista baseia o seu critério no grau de falsificabilidade das teorias (Echeverría, 2003).

Tendo em conta tudo o que foi dito, compreende-se que, com Popper, a concepção indutivista das ciências bem como o positivismo lógico foram profundamente postos em causa e foi reconhecido o papel da argumentação no processo de refutação das teorias. Dado o papel central que atribui à refutação das teorias, apesar de afirmar a objectividade das ciências e a existência de um critério universal de demarcação entre o conhecimento que é científico e o que não é científico,

Popper (1975) dá alguma importância ao papel da argumentação em ciências. De facto, o autor refere de modo explícito o papel da argumentação na crítica das conjecturas.

"As leis da natureza são invenção nossa [...]. Tentamos impô-las sobre a natureza. Muitas vezes falhamos e perecemos com nossas conjecturas errôneas. Mas às vezes chegamos bastante perto da verdade para sobreviver com nossas conjecturas. E, no nível humano, quando está à nossa disposição uma linguagem descritiva e argumentativa, podemos criticar sistematicamente nossas conjecturas" (Popper, 1975, p. 95.).

Lakatos (1999) comenta a obra de Popper afirmando que, pela primeira vez, é atribuído um novo papel à experiência em ciências: "as teorias científicas não se baseiam, não são estabelecidas ou probabilizadas por factos, mas antes eliminadas por estes" (Lakatos, 1999, p. 153). Uma experiência crucial será aquela que conduz à falsificação de uma teoria. Deste modo, a história das ciências "é vista como uma série de duelos entre teoria e experimentação, duelos em que só as experiências podem alcançar vitórias decisivas" (Lakatos, 1999, p. 153).

Popper terá começado, nos anos vinte do século passado, por ter uma posição que Lakatos (1999) classifica de falsificacionismo dogmático. Contudo, Popper rapidamente se deu conta que o falsificacionismo dogmático era insustentável e, como solução para as dificuldades do mesmo desenvolveu o falsificacionismo metodológico (Lakatos, 1999). Segundo este autor, de acordo com o falsificacionismo dogmático, as teorias científicas devem ser refutáveis por um número finito de observações. O auge da cientificidade seria uma teoria como - todos os cisnes são brancos - que é refutável por uma única observação, enquanto as teorias probabilísticas não poderiam ser consideradas científicas visto que nenhum número finito de observações as poderá jamais refutar. O critério de demarcação metodológico é mais liberal do que o dogmático, abre novos caminhos à crítica e é maior o número de teorias que podem ser qualificadas de científicas. Lakatos (1999) considera que Popper é um falsificacionista metodológico que, ao contrário do dogmático, está consciente da falibilidade das suas decisões, tem consciência que nas técnicas experimentais usadas pelos cientistas estão implicadas teorias falíveis, à luz das quais ele interpreta os factos. Apesar disso aplica-as, aceitando-as como conhecimento preliminar não problemático quando está a proceder a uma testagem. Também as hipóteses auxiliares são consideradas como parte do conhecimento preliminar não problemático, fazendo da teoria que está a ser testada o alvo privilegiado dos ataques dos testes experimentais. O aspecto essencial do critério de demarcação de Popper reside no facto de que este entende que há que testar grandes sistemas de teorias e não

teorias isoladas, e, por isso, “convida o cientista a especificar, antecipadamente, aquelas experiências que, se o seu resultado for negativo, conduzem à falsificação do próprio âmbito do sistema” (Lakatos, 1999, p.154). No entanto, Lakatos (1999) considera que Popper é um falsificacionista metodológico ingénuo pois “ainda interpreta a ‘falsificação’ como resultado de um duelo entre a teoria e a observação sem que outra teoria melhor se encontre *necessariamente* envolvida” (p.108). Pelo contrário, como mais adiante será explicitado, para Lakatos uma teoria ou um programa de investigação completo apenas devem ser rejeitados no momento em que exista outro melhor para o substituir.

2.3.3. O papel das anomalias e da argumentação na mudança de paradigma

Em 1962, Kuhn (1996) afirma-se discordante da insistência de Popper no que toca à atitude crítica e propensa à refutação que este atribuiu aos cientistas e ao critério de demarcação assente na falsificabilidade das teorias. Ao contrário de Popper, Kuhn (1996) considera que os factos que contradizem uma teoria não acarretam a sua refutação ou falsificação. As teorias não são postas de lado por refutação empírica ou por uma experiência crucial. Para este autor, uma simples anomalia não é suficiente para derrubar uma teoria. Assim, o ponto de vista continuista e cumulativo do conhecimento, que foi defendido pelos indutivistas e que Popper aceitou, mereceu a discordância de Kuhn (Echeverría, 2003). Enquanto que, do ponto de vista dos indutivistas, o conhecimento científico aumenta continuamente à medida que se fazem observações mais numerosas e mais variadas, permitindo que se formem novos conceitos num processo cumulativo (Chalmers, 1994a), do ponto de vista de Kuhn (1996) esta ideia é incorrecta. Na verdade, Kuhn (1996), apoiando-se na história da física, afirma que a alternativa ao progresso cumulativo é o progresso por revoluções. As ciências avançam na base de crises e rupturas, que designou por revoluções científicas, e que implicam mudanças radicais na concepção do mundo. Kuhn (1996) sublinha a enorme importância da história das ciências para a epistemologia e introduz o conceito de paradigma como um modelo ou padrão aceite pelos cientistas de determinada época, que acaba por vigorar normalmente depois de se ter imposto a outros paradigmas rivais. Segundo Echeverría (2003), este importante papel atribuído à história das ciências bem como ao contexto de descoberta já tinha sido antecipado por Toulmin que foi o precursor da viragem historicista que veio a ser operada por Kuhn.

Durante a fase que Kuhn designa por ciência normal, “a investigação é cumulativa e deve o seu sucesso à habilidade dos cientistas para seleccionarem os problemas que podem ser resolvidos

com conceitos e instrumentos próximos daqueles que já existem” (Kuhn, 1996, p. 96), mas, não existe um progresso cumulativo quando ocorrem mudanças de paradigma. O papel do paradigma é o de guiar a observação e experimentação e constitui, para os seus defensores, uma espécie de dogma. A atenção dos cientistas que trabalham no âmbito de um determinado paradigma é orientada para um pequeno leque de problemas, sendo eles forçados “a estudar uma pequena parte da natureza em detalhe e profundidade que de outro modo não seria imaginável” (Kuhn, 1996, p. 24). A aceitação de um paradigma permite ainda que a existência de anomalias possa ser conhecida durante muito tempo, sem que, por isso, o paradigma vigente desmorone.

Segundo Kuhn (1996), na história das ciências não se identifica qualquer processo similar à falsificação por comparação directa com a natureza. Durante a etapa de ciência normal muitos cientistas, das mais diversas disciplinas, não tentaram falsificar as suas teorias experimentalmente, mas, à medida que as anomalias se multiplicaram, o paradigma foi entrando em crise. O autor considera que a crise pode terminar através de um processo súbito e não estruturado e que existem “flashes de intuição através dos quais nasce um novo paradigma” (Kuhn, 1996, p.123), pois alguns cientistas, nos seus relatos, referem a iluminação de um puzzle previamente obscuro, através da qual as componentes do puzzle passam a ser vistas de nova maneira permitindo a sua solução. Para que o novo paradigma adquira o seu estatuto há dois aspectos fundamentais: o paradigma “tem mais sucesso do que os seus competidores na resolução de alguns problemas considerados agudos” (Kuhn, 1962, p. 23) e a decisão de rejeitar um paradigma “é sempre simultaneamente a decisão de aceitar outro” (Kuhn, 1962, p. 77).

Para Kuhn (1996), o novo paradigma será, em alguns aspectos fundamentais, incompatível com o anterior. Isto deve-se ao facto de uma revolução científica corresponder a uma mudança de visão do mundo, pois “durante as revoluções, os cientistas vêem coisas novas e diferentes com instrumentos familiares em lugares onde já tinham procurado antes” (Kuhn, 1996, p.111). Os cientistas que defendem paradigmas diferentes possuem concepções diferentes da disciplina de que se ocupam e utilizam conceitos teóricos distintos. Ainda que os termos possam ser os mesmos, há uma mudança de significado e as percepções que têm do mundo são distintas. O problema é profundo, aqueles que “percebem a mesma situação de maneira diferente, ainda que usem o mesmo vocabulário na sua discussão, devem estar a usar as palavras com um sentido distinto” (Kuhn, 1996, p. 200). O autor considera que falam partindo de pontos de vista incomensuráveis, pois não há uma linguagem em cujo quadro duas teorias rivais se possam expressar por completo e serem as duas usadas e comparadas ponto por ponto.

Deste modo, pode remeter-se o problema da incomensurabilidade para o problema da tradução (Echeverría, 2003). Aquilo que é possível fazer é que os participantes “se reconheçam uns aos outros como membros de comunidades de língua diferente e então se tornem tradutores” (Kuhn, 1996, p. 202). Na ausência de um processo de tradução, que não existe na etapa de ciência normal, muitas das explicações e afirmações problemáticas “aprovadas pelos membros de um grupo científico seriam opacas para outro grupo” (Kuhn, 1996, p. 203). Isto não significa que os diferentes grupos não possam comunicar entre si, mas que a comunicação é relativa à linguagem da qual é dependente. Quando, por exemplo, entre duas partes existe discordância sobre a fecundidade das suas teorias, nenhuma das partes está errada nem está a ser não científica. Se as partes reconhecerem que diferem acerca do significado ou aplicação das regras de partida, então o debate continuaria a assumir a forma que é inevitável durante as revoluções científicas, ou seja, tornar-se-ia um debate sobre as premissas (Kuhn, 1996). Assim, o debate sobre escolha de teorias não é levado a cabo sob a forma de prova lógica ou matemática. Neste último caso, as premissas e regras de inferência seriam estipuladas à partida e no caso de existir desacordo nas conclusões, as partes em debate poderiam reanalisar os seus passos, ponto por ponto, e no fim do processo uma das partes reconheceria ter errado ou violado uma regra previamente aceite. Pelo contrário, trata-se de uma situação em que o debate é acerca das premissas; cada uma das partes tenta persuadir a outra e os valores dos cientistas ou dos grupos de cientistas intervêm para determinar as decisões (Kuhn, 1996).

Na perspectiva de Kuhn (1996), existem valores, amplamente partilhados entre as diferentes comunidades de cientistas, que emergem especialmente quando uma dada comunidade tem de identificar uma crise e, posteriormente, escolher entre formas incompatíveis de praticar a sua disciplina. É a comunidade de especialistas que toma a decisão efectiva, pois não existe nenhum algoritmo neutro que permita a escolha de uma teoria em vez de outra, nenhum procedimento sistemático de decisão que, adequadamente aplicado, leve todos os indivíduos à mesma decisão (Kuhn, 1996). Contudo, é necessário compreender como é que “um conjunto particular de valores partilhados interactiva com as experiências particulares partilhadas pela comunidade de especialistas para que finalmente a maior parte dos elementos do grupo considere um conjunto de argumentos mais decisivo do que outro” (Kuhn, 1996, p.200). Trata-se de um processo de persuasão que consiste em fazer aceitar que “o ponto de vista de outrém é superior e deve suplantar o seu próprio ponto de vista” (Kuhn, 1996, p. 203), ou seja, trata-se de argumentar numa situação em que a linguagem e os valores desempenham um papel relevante. Como refere

Echeverría (2003), os valores são uma das componentes da noção de Matriz Disciplinar que Kuhn veio a propor para substituir a noção de paradigma. De facto, posteriormente à publicação da *A Estrutura das Revoluções Científicas*, foram publicadas outras obras entre as quais *Novos Estudos sobre Paradigmas* em que Kuhn abordou a noção de Matriz Disciplinar. “Isso não impediu, todavia, que o termo paradigma continue a ser correntemente usado em obras sobre metodologia científica” (Echeverría, 2003, p.124), pois a nova terminologia não chegou a impor-se nem a substituir a que foi exposta em *A Estrutura das Revoluções Científicas*.

Tendo em conta o que acaba de ser referido, pode concluir-se que Kuhn (1996) reconhece que a argumentação, incluindo a retórica na qual os valores dos intervenientes e a persuasão têm um papel relevante, é fundamental nas decisões que ocorrem dentro da comunidade científica. O sociólogo Boaventura Sousa Santos (1989) considera que, de acordo com a base sociológica da teoria de Kuhn, o processo de imposição de um novo paradigma é um processo de negociação entre os diferentes grupos de cientistas e, por isso, torna-se necessário estudar as relações dentro dos grupos e entre os grupos, sobretudo as relações de autoridade e dependência, a fim de compreender esse processo.

Uma das críticas mais fortes às ideias de Kuhn foi feita por Lakatos (1999). Este autor comenta que se cada paradigma contém os seus próprios padrões e, ao emergir um novo paradigma, não existem padrões racionais que permitam a sua comparação com o anterior, a crise arrasta não só as velhas teorias e regras, mas também os padrões que fizeram com que elas fossem respeitáveis. Assim, não “existe qualquer causa racional particular para o aparecimento de uma crise Kuhniana. Crise é um conceito psicológico; é um pânico contagioso” (Lakatos, 1999, p. 104). A mudança consiste num efeito de arrastamento; “a revolução científica é irracional, é um assunto a ser tratado pela psicologia das multidões” (Lakatos, 1999, p.105).

Todavia, segundo Echeverría (2003), Lakatos tentou proceder à síntese do falsificacionismo de Popper e do contributo de Kuhn, ao afirmar que é possível a falsificação de uma teoria, mas apenas por meio de uma estrutura teórica complexa previamente elaborada. Lakatos aceitou a ideia da falsificação mas teve em conta o ponto de vista de Kuhn para quem a existência de dois paradigmas rivais é condição prévia de uma revolução científica. Na verdade, Lakatos (1999) defende um falsificacionismo metodológico que designa por sofisticado, por oposição ao falsificacionismo ingénuo que atribui a Popper. De acordo com o falsificacionismo metodológico sofisticado, aquilo que deve ser avaliado como científico ou não científico não é uma teoria única mas séries de teorias cujos membros estão “normalmente ligados por uma *continuidade* notável que

os unifica em *programas de investigação*. Esta *continuidade* – que lembra a ‘ciência normal’ Kuhniana – desempenha um papel vital na história da ciência” (Lakatos, 1999, p. 54). Na sua perspectiva, todos os programas de investigação podem ser caracterizados pelo seu núcleo duro, em torno do qual os cientistas que o defendem procuram articular hipóteses auxiliares que formem uma cintura protectora em torno desse núcleo. Lakatos (1999) afirma: “devemos utilizar o nosso engenho para articular ou mesmo inventar, “hipóteses auxiliares” que formam uma cintura protectora em torno desse núcleo” (Lakatos, 1999, p. 55). É esta cintura protectora que tem de aguentar os embates dos testes e ser ajustada e reajustada ou até completamente substituída, para defender o núcleo tornado assim mais firme. Para Lakatos (1999), a unidade básica de apreciação não deve ser uma teoria mas um programa de investigação, com um núcleo firme aceite por convenção entre aqueles que trabalham no programa de investigação, por consequência, irrefutável por decisão temporária, e com uma heurística positiva que define problemas, prevê anomalias e as transforma vitoriosamente em exemplos de sucesso, de acordo com um plano pré-concebido. Segundo Echeverría (2003), no conjunto de regras metodológicas, Lakatos designa por heurística negativa aquela que indica quais os tipos de pistas de investigação que devem ser evitadas e por heurística positiva aquela que indica quais os tipos de pistas de investigação que devem seguir-se. Esta última evita que o cientista se perca no oceano das anomalias, dando-lhe a resolver uma série de tarefas que representam, se a investigação obtiver êxito, ampliações e desenvolvimentos do programa de investigação.

Echeverría (2003) considera que Lakatos aceita alguns aspectos do pensamento de Kuhn tais como, a existência de anomalias e a importância da história das ciências para a Epistemologia. De facto, aquilo que Kuhn chama ciência normal, para Lakatos (1999) não é mais do que o programa de investigação que obteve o monopólio. Mas, na realidade, os programas de investigação só raramente obtiveram o monopólio completo, e quando isso aconteceu, a sua vigência ocorreu por períodos muito curtos. Para Lakatos (1999), a história das ciências tem sido e deve ser uma história de competição entre programas de investigação, mas não tem sido e não se deve transformar numa sucessão de períodos de ciência normal; “quanto mais cedo se inicia a competição, melhor para o progresso” (Lakatos, 1999, p. 80). Este autor considera que a atitude metodológica de tratar como meras anomalias o que Popper consideraria como contra exemplos dramáticos, é geralmente aceite pelos melhores cientistas. “Alguns dos programas de investigação, hoje tidos em enorme estima pela comunidade científica, progrediram num oceano de anomalias” (Lakatos, 1998, p. 49). Além disso, segundo este autor, se um cientista do campo derrotado propõe, anos mais tarde, uma

explicação para a alegada experiência crucial, ela transforma-se, de derrota, em nova vitória para o programa em que se insere.

Lakatos (1999) propõe-se melhorar a definição de ciência de Popper “substituindo essencialmente o problema da apreciação de teorias pelo problema da apreciação de séries históricas de teorias, ou, mais exactamente, de programas de investigação, e pela alteração das regras de Popper para a rejeição das teorias” (Lakatos, 1999, p. 162). A apreciação de grandes unidades, como os programas de investigação, é num sentido mais liberal e noutra mais severa do que a apreciação de teorias de Popper. O autor considera esta sua nova apreciação mais tolerante, visto que o velho sonho racionalista de um método mecânico, semi-mecânico ou, pelo menos, de acção rápida para expor a falsidade, a falta de comprovação, ou até mesmo a escolha irracional, tem de ser abandonado porque apreciar um programa de investigação demora muito tempo. Contudo, o autor considera também que esta nova apreciação é mais severa visto que exige, não só, que um programa de investigação possa prever novos factos, mas também que “o escudo protector das suas hipóteses auxiliares seja largamente construído de acordo com uma ideia unificadora pré-concebida, estabelecida de antemão na heurística positiva do programa de investigação” (Lakatos, 1999, p.163). Visto aceitar a predição de factos novos como critério de cientificidade, Lakatos mantém-se dentro da tradição do empirismo (Echeverría, 2003). A principal diferença relativamente a Popper consiste no facto de este considerar que, através da crítica, as teorias podiam ser rapidamente eliminadas, enquanto que, para Lakatos (1999), a crítica de um programa é um processo longo e, muitas vezes, frustrante e devem tratar-se os programas que germinam com brandura. As experiências cruciais, no sentido que lhes atribui Popper, não existem, pois, “no melhor dos casos elas são títulos honoríficos atribuídos a certas anomalias muito depois do acontecimento, quando um programa foi derrotado por outro” (Lakatos, 1999, 163). Dado que, para este autor, uma teoria ou um programa de investigação completo apenas devem ser rejeitados no momento em que exista outro melhor para o substituir, a falsificação e a rejeição popperianas cuja reunião veio a ser a principal fraqueza do “falsificacionismo ingénuo” (Lakatos, 1999, p.163) são separadas. Lakatos afirma: “Não existe qualquer racionalidade imediata. Nem a demonstração de inconsistência do lógico nem o veredicto da anomalia do cientista experimental podem derrotar de um só golpe um programa de investigação” (Lakatos, 1999, p.163).

Todavia, segundo Echeverría (2003), Lakatos não renuncia a propor um critério, por parte dos cientistas, de escolha racional entre teorias rivais. Na verdade, Lakatos (1999) procura mostrar que “a racionalidade opera muito mais lentamente do que a maioria das pessoas tendem a

considerar, e, mesmo assim, falivelmente” (p.101) e procura, também, mostrar que “a continuidade em ciência, a tenacidade de algumas teorias, a racionalidade de uma certa quantidade de dogmatismo, só podem explicar-se se interpretarmos a ciência como um campo de batalha, não de teorias isoladas mas antes de programas de investigação” (p.101). A metodologia que este autor defende “prediz com confiança que onde o falsificacionista vê a derrota imediata de uma teoria devido a uma simples batalha com um facto, o historiador detectará uma complicada guerra de desgaste, iniciada muito antes, a acabada depois da alegada experiência crucial” (Lakatos, 1998, p. 56). Assim sendo, “não existem experiências cruciais capazes de destruir imediatamente um programa de investigação” (Lakatos, 1999, p. 99) e a demarcação entre o que é e o que não é científico não depende da confirmação nem da falsificação experimental das hipóteses, mas do progresso teórico e empírico que as ciências geram (Echeverría, 2003). Segundo este autor, Lakatos procurou afirmar uma posição racionalista, defendendo um conceito histórico de racionalidade. A noção de progresso permitiria caracterizar a racionalidade científica. O critério universal de racionalidade devia ser contrastado com a história das ciências ou, mais precisamente, com a história da Física, pois Lakatos considerava que a Física representava o paradigma da racionalidade e da boa ciência (Echeverría, 2003). Assim, ainda que Lakatos tenha proposto o que pretendia ser um critério universal de racionalidade ou de cientificidade, não o via como um critério lógico mas como uma conjectura comprovável que devia ser confrontada com a história da Física, o que de resto foi feito pelos numerosos estudos de casos históricos realizados por Lakatos e seus seguidores (Chalmers, 1994 a).

Para Echeverría (2003), um ponto fundamental da metodologia de Lakatos é que ele afirma a necessidade de manter a distinção entre os contextos de descoberta e de justificação, mas insiste no primeiro tendo em vista a elaboração de uma teoria das ciências que possa ser confrontada com a história real das mesmas. Mais do que a lógica da justificação posterior, é partidário da tentativa de explicar a lógica da descoberta nas ciências em geral e, também, nas matemáticas (Echeverría, 2003). Na verdade, Lakatos (1999) afirma que “os principais problemas da lógica da descoberta não podem ser satisfatoriamente discutidos excepto no quadro de uma metodologia de programas de investigação”(Lakatos, 1999, p.54).

Como foi referido, a importância que é dada ao contexto de descoberta e à abordagem histórica contribuem para a compreensão do papel do discurso argumentativo no seio da comunidade científica, pois a argumentação ocorre durante o processo de elaboração do conhecimento e não incide sobre o conhecimento já aceite pela comunidade. Todavia, a abordagem

histórica deverá ser encarada como complementar de outras abordagens. Assim, Bunge (1973) que, como foi referido, é um autor que se demarca do positivismo lógico e que recusa o sociologismo, considera que quando se pretende abordar uma teoria científica há três tipos de abordagem: histórica, heurística e axiomática. A primeira, interessada na biografia de uma teoria, se lhe for fiel, manifestará a situação do problema, as tentativas feitas para lidar com ele (incluindo os passos errados), a maneira como a solução foi adoptada e a sua influência real ou provável em desenvolvimentos futuros. A segunda, interessada nas realizações da teoria, é geralmente adoptada nas publicações e cursos de física, apossa-se das fórmulas mais úteis, lança-se a elaborar as suas consequências e a aplicá-las. Bunge (1973) aceita ambas as abordagens que considera complementares da abordagem axiomática, cada uma iluminando uma faceta diferente de um objecto que é complexo. Mas este autor defende a necessidade da abordagem axiomática das teorias físicas. Embora reconheça o interesse da abordagem histórica e da abordagem heurística, considera que ambas “deixam a estrutura lógica da teoria em grande parte na escuridão e são ambíguas, se não francamente inconsistentes, no tocante ao seu significado físico” (Bunge, 1973, p. 135). A abordagem axiomática é a única que dá conta geral de uma teoria, que se dirige para o âmago de qualquer teoria, incidindo “naquilo que pode ser chamado o seu carácter: os seus fundamentos, no tocante à estrutura e ao conteúdo” (Bunge, 1973, p. 136). Lamenta o facto de muitos físicos suspeitarem da axiomática, por considerarem que esta cristaliza ou ossifica. Pelo contrário, este autor considera que a reconstrução axiomática das teorias físicas é um campo adequado para a cooperação dos físicos teóricos e matemáticos, matemáticos aplicados, lógicos e filósofos da física. Assim, no que diz respeito à argumentação, parece valorizar apenas a argumentação analítica, pois, ao defender a axiomatização das ciências, afirma: “Quem defende a matemática pura defende, no que respeita à axiomática, todas as suas aplicações, desde a física passando pelas ciências sociais até à filosofia: há pouca esperança de encontrar ordem, força argumentativa, e mesmo pertinência fora dos sistemas de axiomas” (Bunge, 1973, p. 31).

Assim, autores como Kuhn e Lakatos, que passaram a dar atenção à História das Ciências e a reflectir sobre o contexto de descoberta, contribuíram para que o papel da argumentação no seio da comunidade científica passasse a ser reconhecido. No entanto, entre os vários filósofos não existe uma visão única acerca do papel da argumentação e das suas diferentes formas no seio da comunidade científica.

2.3.4. A questão da racionalidade e a relevância da argumentação e da retórica no seio da comunidade científica

Feyerabend (1993) vai mais longe do que Lakatos na importância que atribui ao contexto de descoberta, chegando a sugerir que seja abolida a distinção entre o contexto de descoberta e o contexto de justificação. Echeverría (2003) considera que, no entender de Feyerabend, a fase de descoberta e as suas práticas podem estar em oposição com a reconstrução racional que posteriormente é operada pelo epistemólogo. Além disso, Feyerabend (1993) considera o pluralismo metodológico como uma condição necessária da prática científica, o que se torna evidente quando afirma: “não há uma só regra, por mais plausível que seja, e por mais firmemente baseada que esteja na epistemologia, que não seja numa ocasião ou noutra infringida” (p.7). Quando é entrevistado por Pessis-Pasternak (1993), sobre a questão da racionalidade, Feyerabend explica que apoia o seu ponto de vista na história das ciências e afirma:

“foram muitas vezes feitas constatações desconcertantes: não se disse, por exemplo, na antiguidade, que a terra estava em movimento? Ora tendo em conta as teorias científicas e as crenças religiosas da época, era uma ideia surpreendente. [...] Foi, no entanto contra a razão da sua época que a ciência pode progredir”. (p. 97)

O autor considera que em certas ocasiões foram seguidas regras contrárias às prescritas e a ideia de um método fixo e estável ou a noção paralela de racionalidade invariável ao longo dos tempos, devem ser abandonadas. “Nem os factos nem os métodos são capazes de estabelecer a excelência da ciência” (Feyerabend, 1993, p.325). Relativamente a este aspecto, existe alguma concordância entre Feyerabend (1993) e Lakatos (1999), pois este último afirma que o pluralismo teórico é preferível ao monismo teórico e que, relativamente a este aspecto, Feyerabend tem razão enquanto que Kuhn se enganou (Lakatos, 1999). Este pluralismo, que foi entendido não só como facto histórico, mas também como conveniente em termos de progresso, foi a base que levou Feyerabend a negar a existência de uma racionalidade científica que servisse de guia à investigação científica, o que, independentemente da vontade do seu autor, veio a ser tomado como caracterização de uma posição epistemológica considerada como não racionalista (Echeverría, 2003). De facto, na referida entrevista, concedida a Pessis-Pasternak (1993) Feyerabend afirma:

“Empreguei a palavra «anarquismo» num sentido bem preciso, a saber, aquele que lhe daria um racionalista que analisasse todas as iniciativas elaboradas pelos cientistas para atingirem as suas descobertas e que exclamasse: «Mas é pura anarquia» [...] “não é evidente que eu goste da epistemologia anarquista mesmo que a tenha defendido. Parecia-me indispensável defendê-la, pois que tantos cientistas, defensores da razão, se encontram na outra margem. Quis provar que os seus raciocínios não eram tão irredutíveis como pretendiam. Qual é a melhor maneira de o demonstrar? Defendendo o ponto de vista contrário. Mas nunca revelei a minha opinião”. (p.102).

Assim, Feyerabend, não nega a racionalidade científica; o que está em causa é o conceito de racionalidade, e neste aspecto parece não estar isolado, como se pode constatar nas reflexões de outros autores. Na verdade, já em 1952, Perelman e Olbrechts-Tyteca (1952), referiam que uma concepção estreita da prova e da lógica acarretou uma concepção estreita da razão, concepção essa que está em jogo quer para os partidários quer para os críticos do racionalismo. Estes autores referem, também, a existência de um conflito entre a concepção de ciência baseada numa metodologia, aplicável a todas as ciências, com apoio de um critério de evidência racional ou empírica, e o reconhecimento de metodologias múltiplas. “Não existem em última análise critérios impessoais – uma natureza, uma evidência, um cálculo automático – que dispensem o investigador de tomar as suas responsabilidades” (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1952, p. 114). Uma ampliação da noção de prova e o enriquecimento da lógica poderiam influenciar a forma como é entendida a maneira de raciocinar (Perelman & Olbrechts-Tyteca, 1989). Este ponto de vista parece convergir com o ponto de vista de Morin (1994) quando este apela a um conceito de razão aberta, que pode e deve reconhecer o irracional (acaso, desordens, brechas lógicas), e afirma que “a razão aberta não é a rejeição, mas o diálogo com o irracional” (Morin, 1994, p. 129).

Morin (1994) define razão como “um método de conhecimento baseado no cálculo e na lógica (na origem, ratio quer dizer cálculo), empregado para resolver problemas” (p. 121) e define racionalidade como “o estabelecimento de uma adequação entre uma coerência lógica (descrita explicativa) e uma realidade empírica” (Morin, 1994, p. 121). O autor distingue entre racionalidade e racionalização, considerando que ambas são provenientes da necessidade de encontrar coesão no universo, mas a racionalização consiste em querer fechar o universo numa coerência lógica. Assim, Morin afirma que “o verdadeiro inimigo da razão está dentro dela e que o veneno tem a mesma origem que o remédio” (Morin, 1994, p. 132). Para este autor o desenvolvimento das ciências no mundo ocidental, nos séculos XVI e XVII, constitui uma procura de racionalidade, na medida em que

se opôs às explicações mitológicas e às revelações religiosas, mas aparece também como uma ruptura com a racionalização aristotelo-escolástica, por afirmar o primado da experiência. O desenvolvimento das ciências “longe de se identificar com o desenvolvimento do racionalismo, corresponde a um processo instável de desracionalizações e re-racionalizações, constituindo as aventuras da racionalidade nas terras desconhecidas e obscuras do real” (Morin, 1994, p. 128).

Também, já no início dos anos 50 do século XX, Perelman e Olbrechts-Tyteca (1952), apoiando-se na reflexão que, apesar da influência do empirismo lógico, vinha sendo desenvolvida sobre a actividade científica, quer no campo das ciências matemáticas quer no campo das ciências físicas, se referem ao trabalho dos cientistas nos seguintes termos:

“O papel do sábio não consiste apenas em submeter-se às evidências. O que caracteriza a actividade dos criadores, no domínio científico, é a sua reacção face ao obstáculo, face à dificuldade, face ao problema, a maneira como coordenam o conjunto do saber adquirido para aí introduzirem elementos novos que se apresentam incompatíveis com o sistema de pensamento anteriormente admitido” (p. 113).

Na mesma linha de atenção à prática concreta dos cientistas, Feyerabend (1993) considera que as ciências possuem componentes racionais mas não são apenas racionais. Trata-se de uma racionalidade que é inseparável da prática concreta e não pode ser entendida fora dela. Referindo-se à necessidade de adoptar uma atitude mais racional perante a alternativa entre razão e irracionalidade, o autor considera que a razão garante que as ideias que introduzimos em vista a alargar e melhorar o nosso conhecimento “podem *emergir* de maneira extremamente desordenada e a *origem* de um ponto de vista particular poderá depender de preconceitos de classe, da paixão, das idiosincrasias pessoais, de questões de estilo, e até do puro e simples erro” (Feyerabend, 1993, p. 156). Para este autor, a adesão às novas ideias terá de ser conseguida por meios irracionais como a propaganda, a emoção, hipóteses *ad hoc*. Estes meios irracionais são necessários para apoiar aquilo que é uma fé cega, até serem encontrados os factos e argumentos certos que transformam a fé em conhecimento sólido e Feyerabend (1993) afirma:

“As ideias sobreviveram e hoje diz-se que concordam com a razão. Sobreviveram porque o preconceito, a paixão, a vaidade, os erros, a obstinação, em resumo todos os elementos que caracterizam o contexto de descoberta se opuseram aos ditames da razão e porque esses elementos irracionais tiveram oportunidade de seguir o seu caminho. Ou noutros termos: O

copernicianismo e outras concepções “racionalis” só existem hoje porque a razão foi desautorizada algures no passado” (p. 157).

O sociólogo Boaventura Sousa Santos (1989) refere-se às acusações de irracionalismo dirigidas a Feyerabend, afirmando que as conclusões a que ele chegou estão muito ‘coladas’ à prática científica e “não podem ser recusadas levemente com o discurso da praxe, o irracionalismo” (p.121). Em sua opinião, Feyerabend seria mais convincente na sua defesa se reconhecesse que “numa comunidade profissional organizada, a prática não é apenas o que se faz, mas a conta pública do que se faz. Estes dois aspectos não surgem sequencialmente, estão antes dialecticamente ligados e apresentam-se ao cientista em cada momento da sua investigação” (Santos, 1989, p. 122). O processo de investigação, que é um processo de auto-convencimento para o próprio cientista, também é um processo argumentativo em que ele, por assim dizer, encarna a comunidade científica cujo juízo antecipa. No entanto, Feyerabend só contempla o auto-convencimento (Santos, 1989). O cientista sabe que os argumentos que usa para se convencer podem não coincidir exactamente com os que podem convencer a comunidade científica. Há argumentos, mais ou menos válidos, mais ou menos convincentes, quer para o cientista quer para o que ele prevê ser o critério da comunidade científica relativamente à investigação em causa (Santos, 1989). “A força de persuasão de um dado argumento (que, no plano retórico, é a sua força de verdade) é medida pelo impacto prático que este tem no auditório, pela diferença que faz depois de apresentado” (Santos, 1989, p. 123). Embora a disjunção entre os dois critérios possa ser maior ou menor, a duplicidade retórica está sempre presente em todos os cientistas. Ela é determinada pelas condições políticas, sociais e económicas da prática científica e estas condições não o fazem do mesmo modo em todos os cientistas (Santos, 1989). Todavia, como foi referido no primeiro capítulo, o autor considera que a determinação das relações entre a retórica e as ciências é um trabalho que está por fazer.

Para Boaventura Sousa Santos (1989), a duplicidade retórica da argumentação científica tem, como característica específica, o facto de se negar enquanto retórica: se os resultados são incontrovertidos, falam por si e, portanto, não é preciso convencer ninguém da sua veracidade, já que ela será evidente. Contudo, “o carácter retórico desta negação da retórica resulta do próprio desenvolvimento científico, que constantemente faz e desfaz teorias e resultados, tornando controverso o que era antes incontrovertido” (Santos, 1989, p. 114). Este autor adere ao ponto de vista de Kuhn ao afirmar que a discussão só é possível se não se duvidar de tudo simultaneamente;

há sempre um conjunto de verdades incontrovertidas enquanto vigora um paradigma ou matriz disciplinar. Estas verdades são teorias, conceitos e factos que fazem parte do paradigma e funcionam como premissas da argumentação. Assim sendo, uma das consequências da epistemologia de Kuhn é mostrar que a racionalidade e a veracidade do conhecimento científico só são compreensíveis no interior do paradigma em que se acolhem, pois é este que proporciona o sentido a todas as práticas científicas no seu âmbito (Santos, 1989). Para Feyerabend (1993), a questão da incomensurabilidade também está ligada à questão da racionalidade científica, pois aqueles que se negam a aceitar a incomensurabilidade fazem-no para sustentar o primado da razão. Todavia, até as percepções podem ser incomensuráveis, pois a partir de estímulos iguais, diferentes sistemas mentais de classificação podem produzir objectos perceptuais que não são comparáveis.

Por outro lado, segundo Boaventura Sousa Santos (1989), a concepção retórica das ciências permite ter em conta os elementos não cognitivos no discurso científico. Referindo-se ao paradigma das ciências modernas, sobretudo na sua construção positivista, e ao facto do contexto de descoberta ter sido excluído da reflexão epistemológica, este autor afirma que este paradigma “procurou suprimir do processo de conhecimento todo o elemento não cognitivo (emoção, paixão, desejo, ambição, etc.) por entender que se tratava de um factor de perturbação da racionalidade da ciência” (Santos, 1989, p. 133). A verdade, enquanto representação da realidade, devia impor-se por si ao espírito racional e desinteressado. Além disso, as ciências modernas travaram desde o início uma luta contra a linguagem do senso comum. Passou-se a privilegiar a linguagem matemática com a conseqüente marginalização da linguagem literária e humanística, “ambas indignas pelo seu carácter analógico, imagético e metafórico, do rigor técnico do discurso científico” (Santos, 1989, p. 127). Pelo contrário, a concepção retórica das ciências permite chamar a atenção para elementos não cognitivos no discurso científico. Todavia a reflexão epistemológica, só de modo marginal, tem apontado para a complexidade da relação entre cognitivo e não cognitivo. A falta de atenção a esta complexidade poderá estar relacionada com pontos de vista como o de Chalmers (1994b). Na verdade, este autor, embora reconheça existir espaço para uma análise sociológica das origens do conhecimento científico, das convicções dos cientistas e dos aspectos não cognitivos das ciências, considera que a focagem nas crenças e convicções pessoais é muito insatisfatória para compreender a natureza das ciências e o seu progresso.

Decorre, de tudo o que foi dito, que o consenso sobre a natureza das ciências seja consideravelmente mais fraco do que o consenso acerca do conhecimento científico em si (Millar, 2004). Não existe um consenso global sobre as características da investigação científica e do

raciocínio científico. Isto poderá estar relacionado com o facto de a natureza das ciências ser um espaço híbrido onde se misturam a história, a sociologia e a filosofia das ciências, bem como a investigação em ciências cognitivas e a psicologia, com a finalidade de descrever o que são as ciências, como funcionam, como é que os cientistas operam enquanto grupo social (McComas, Clough & Almazroa, 1998). No entanto, Millar (2004) considera que há um núcleo de ideias sobre a natureza das ciências que podem ser amplamente subscritas. As consequências pedagógicas dessas ideias serão seguidamente abordadas.

2.3.5. Consequências pedagógicas de algumas características do conhecimento científico que actualmente são consensuais

Actualmente, parece ser consensual que o interesse crescente pelo contexto de descoberta levou a filosofia das ciências, que se ocupava, tradicionalmente, da justificação do conhecimento científico, a centrar, o seu interesse no modo como os cientistas constroem o seu conhecimento (Izquierdo *et al.*, 1999; Newton, Driver & Osborne, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000), ou seja, no contexto de descoberta. As ciências, anteriormente olhadas como um conjunto organizado e validado de conhecimentos que explicam como é o mundo, passaram a ser olhadas na sua qualidade de actividade humana, complexa e difícil de descrever (Izquierdo *et al.*, 1999). Como consequência, entraram em crise tanto os modelos empiristas como os modelos racionalistas. Os primeiros, que consideram as teorias como resultado da indução a partir das experiências e, portanto, comprovadas por estas; e os segundos, que consideram que toda a actividade experimental se desenha dentro de um determinado marco teórico do qual se deduz o resultado experimental. Nas suas formulações extremas, para as primeiras, a observação é neutra e o conhecimento é cópia da realidade; e, para as segundas, a observação é a teoria em acção e o conhecimento uma invenção. O "discurso metodológico hoje dominante procura uma via *per mezzo* entre estes extremos" (Santos, 1989, p. 80).

Acerca da dicotomia teórico-experimental, Bunge (1973) considera que o conhecimento em si é conseguido juntamente pela teoria e pela experimentação, sendo que nenhum dos dois pode pronunciar o veredito final sobre coisa alguma. Para Bunge (1973), o papel das teorias na experimentação não é menos importante que o papel dos dados empíricos na activação das teorias. Sobre o ponto de vista deste autor, interessa referir, em síntese, que os dados podem estimular a criação de teorias (por exemplo: se forem anómalos); os dados podem activar teorias (levá-la a

produzir explicações e predições); os dados podem testar as teorias mas, por si próprios, dificilmente conduzem a um veredito sendo necessárias teorias suplementares; as teorias podem dirigir a procura de dados, mas, a menos que teorias bem confirmadas tenham participado na produção de um dado, não se deve confiar nele. Para Bunge (1973), esta correcção bilateral é mais típica das ciências do que a errática tentativa e erro, o crescimento cumulativo ou a revolução total. Nesta linha de pensamento, compreende-se que, actualmente, seja necessário aceitar que a experimentação e teoria se condicionam de tal modo que são dificilmente separáveis (Izquierdo *et al.* 1999; Leach, 1999b).

No que concerne ao papel da argumentação, já adquiriu largo consenso, pelo menos entre os investigadores na educação em ciências, a aceitação de que o discurso da comunidade científica se situa no âmbito da lógica não formal (Jiménez Aleixandre & Diaz de Bustamante, 2003; Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Duschl, 2007). A lógica formal pode ser usada para representar ou analisar o conhecimento estabelecido, mas não é adequada para interpretar o discurso nas situações em que está a ser gerado conhecimento novo (Jiménez Aleixandre & Diaz de Bustamante, 2003). Além da argumentação analítica que, como foi referido no sucapítulo 2.2, é baseada na lógica, procedendo dedutivamente das premissas para a conclusão, alguns estudos de caso centrados na actividade de cientistas mostram que a investigação científica envolve o uso frequente de estratégias de argumentação dialéctica e as pesquisas em sociologia das ciências evidenciam o uso da retórica (Duschl & Osborne, 2002). No entanto, tendo em conta os pontos de vista dos autores referidos na secção anterior, não existe consenso sobre a importância atribuída a todas estas formas de argumentação, que não são consideradas igualmente relevantes entre os que reflectem sobre a natureza e características das ciências.

No que se refere ao papel da retórica no processo de construção das ciências, embora a importância desse papel não esteja clarificado e a sua aceitação não seja pacífica, parece não ser possível negar totalmente a presença da retórica no discurso da comunidade científica. Assim, vários investigadores na área da educação em ciências têm vindo a dar relevância ao facto de o discurso da comunidade científica se poder situar no âmbito da lógica informal ou mesmo da retórica (Ford, 2008; Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000; Jiménez Aleixandre & Diaz de Bustamante, 2003; Driver, Newton & Osborne 2000; Duschl & Osborne, 2002; Duschl, 2007).

Tendo em conta tudo o que foi dito, compreende-se que nas últimas décadas, o conhecimento crescente do processo que envolve a produção do conhecimento em ciências esteja a

ter consequências importantes na didáctica das ciências (Izquierdo *et al.* 1999, Driver, Newton & Osborne, 2000).

Hodson (1988) considera que os alunos se devem confrontar com a existência de um paradoxo que consiste em que as decisões acerca da aceitabilidade de teorias são tomadas à luz de observações proporcionadas pela experiência, e as decisões acerca da validade do desenho das actividades experimentais são tomadas à luz das teorias. É necessário que os alunos percebam que o ponto de partida para experimentação é a especulação teórica se bem que, em áreas menos desenvolvidas, se proceda à observação para estimular a conceptualização. Assim, a educação em ciências precisa de fazer passar a mensagem de que a observação e a experimentação não são, actualmente, consideradas os alicerces do conhecimento em ciências, mas sim, ferramentas para a actividade racional de construção desse conhecimento, em que as práticas argumentativas da comunidade científica têm papel crucial (Ford, 2008; Newton, Driver & Osborne, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000). De facto, as teorias, os modelos e as explicações são submetidas a processos de validação que implicam o debate no seio da comunidade científica e, neste processo, a argumentação tem um papel central (Duschl & Osborne, 2002). Como foi referido, no processo de apresentação e avaliação de argumentos, os cientistas são influenciados por factores sociais e as actividades (levadas a cabo em laboratório e também em negociações e debates entre cientistas) dependem de todos os factores que têm influência na actividade humana. Assim sendo, foi necessário aceitar a influência de factores sociais, colocados em evidência pelas ciências sociais, na emergência do conhecimento em ciências Físicas e Naturais (Izquierdo *et al.*, 1999). Por estas razões, compreende-se que as ciências sejam consideradas uma prática social e o produto de uma comunidade (Ford, 2008; Hodson, 1998; Izquierdo *et al.*, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000; Simmoneaux, 2007) constituída por pessoas humanas com razão e também com emoção.

Como afirma Matthews (1998), nos últimos tempos têm sido colocadas algumas questões filosóficas que nem sempre foram colocadas pelos educadores em ciências: o que é que distingue o conhecimento científico? Existe um método científico? Em que sentido se pode falar da objectividade das ciências? Estas questões devem assegurar o lugar da história e filosofia das ciências como uma componente chave do planeamento do currículo, da formação dos professores e da investigação em educação.

No relatório do projecto "Labwork in Science Education", é referida a existência de um debate acerca do que pode ser uma imagem "correcta" das ciências, que tem envolvido filósofos, educadores em ciências e cientistas, apesar das dificuldades de comunicação decorrentes do facto

dos cientistas discutirem, habitualmente, dentro da sua própria comunidade. Torna-se necessário encontrar um consenso sobre os elementos que melhor descrevem, a um nível adequado aos contextos de aprendizagem, o modo como funcionam as ciências e as características do conhecimento científico. Tendo em vista esta preocupação, McComas e Olson (1998) procederam a uma análise qualitativa de alguns documentos, de vários países (Australia, Canadá, Estados Unidos, Inglaterra/País de Gales e Nova Zelândia), sobre educação em ciências. Nestes documentos, os autores procuraram pontos de concordância nas recomendações relativas à natureza das ciências. Os resultados da análise mostraram a existência de concordância acerca das características da natureza das ciências que devem ser veiculadas aos alunos. Mostraram, também, que a designação natureza das ciências não é entendida como sinónimo de filosofia das ciências, visto serem quatro (filosofia, história, sociologia e psicologia) as disciplinas que, reconhecidamente, proporcionam conteúdos relativos à natureza das ciências. Para os educadores em ciências, a designação natureza das ciências é usada para descrever uma intersecção de estudos dirigidos pelas quatro disciplinas e é um domínio fundamental para guiar os educadores em ciências em ordem a desenvolver nos alunos uma imagem adequada das ciências (McComas, Clough, & Almazroa, 1998).

Todavia, apesar da referida constatação, McComas (1998) considera que existem vários mitos sobre as ciências que, nos EUA, são frequentemente incluídos nos livros de texto e no discurso em sala de aula. Existem também mitos sobre as características intelectuais e pessoais dos cientistas incluídos nas histórias que são apresentadas às crianças (Allchin, 2003) e amplamente divulgadas em vários países. Por exemplo, a existência de um método científico é incluída de forma explícita em livros de texto, enquanto que a construção social do conhecimento científico é omissa nesses livros, o que contribui para uma visão das ciências que não tem em conta a argumentação no seio da comunidade científica. Assim, por um lado, o tratamento que é dado à natureza das ciências nos livros usados pelos professores e pelos alunos e, por outro lado, a ausência de formação em filosofia das ciências no que se refere aos programas de formação dos professores podem ser responsáveis por concepções sobre as ciências que não são aceitáveis à luz de critérios actuais (Allchin, 2003; McComas, 1998)

Nas recomendações do projecto "Labwork in Science Education" está presente a preocupação com a imagem que é transmitida aos alunos sobre as ciências, a qual deve implicar dois níveis cognitivos distintos: a compreensão dos conteúdos (saber ciências) e uma meta-reflexão sobre a produção desses conteúdos (saber o que são as ciências). Neste último nível estão incluídos aspectos sociais da produção das ciências tais como a interacção entre grupos de investigação,

procedimentos associados à publicação e aos debates entre cientistas. Se esta perspectiva não for tida em conta, os alunos ficarão à margem do árduo processo através do qual a comunidade científica alcançou o conhecimento e imaginá-lo-ão como resultado do acesso a um conjunto de factos obtidos directamente do livro da natureza (Sutton, 1998), ou seja, um conjunto de informações mais do que um processo de discussão, parecendo que a natureza fala directamente a partir dos dados, sem que haja intervenção humana no processo de construção do conhecimento (Driver, Newton & Osborne, 2000). Em vez de apresentar as ciências como algo acabado, resultante de uma série de descobertas bem sucedidas, fazendo com que os alunos fiquem à margem do árduo processo através do qual a comunidade científica alcançou o conhecimento, trata-se de proporcionar aos alunos uma visão das ciências em construção (Sutton, 1998). Se, pelo contrário, os estudantes olharem o conhecimento científico como sendo imutável, muitos deles poderão considerar esta característica pouco atractiva e ficar desencorajados para um estudo mais aprofundado das ciências (Gilbert, 1999).

Em suma, pode dizer-se que o ensino das ciências precisa de muito mais do que simplesmente saber qual é o conhecimento aceite pelas ciências; é igualmente importante educar os alunos e os cidadãos acerca de saber como as ciências são construídas (Duschl, 1997; Hodson, 1998; Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000; Millar, 2004; Jiménez Aleixandre & Erduran, 2007). Duschl (2000) propõe que, para tornar a natureza das ciências explícita para os alunos, sejam desenhadas sequências de ensino e ambientes de aprendizagem que facilitem o corte epistemológico com o senso comum. Trata-se de lhes dar oportunidade de conhecer os procedimentos concretos que permitem às ciências construir-se contra o senso comum que, como refere o sociólogo Boaventura Sousa Santos (1989), visam responder à questão de saber como se faz ciências? No entanto, este autor considera necessária uma segunda ruptura epistemológica que visa responder à questão de saber para que queremos as ciências? Responder a esta pergunta implica a “indagação sobre os procedimentos concretos que podem conduzir à superação da distinção entre ciência e senso comum” (Santos, 1989, p.79). Este autor defende que a concretização desta segunda ruptura terá de ocorrer mediante o critério “da superação da distinção entre ciência e senso comum e da transformação de ambos numa nova forma de conhecimento, simultaneamente mais reflexivo e mais prático, mais democrático e mais emancipador do que qualquer dos outros em separado” (Santos, 1989, p. 86). Assim, deverá ser acrescentada às preocupações de saber - o quê - e de saber - como -, a preocupação de saber - para quê? Ao gerar a possibilidade de os alunos se aperceberem de que a criação do conhecimento científico é uma actividade humana que tem lugar

em dado contexto, histórico e social, condicionado por interesses, motivações, aspirações, e pelas organizações que o subsidiam (Simoneaux, 2007), eles podem adquirir um ponto de vista mais realista sobre o que realmente acontece durante a condução do processo científico e da importância das diferentes formas de argumentação na condução desse processo. A par do reconhecimento destes objectivos, o desenvolvimento da competência de argumentação pelos alunos emergiu como um importante objectivo educacional que deve ser promovido pelos professores (Erduran & Osborne, 2005).

2.4. As actividades laboratoriais e a utilização do SATD

Este subcapítulo vai centrar-se numa perspectiva crítica do uso das actividades laboratoriais no ensino e na aprendizagem das ciências (2.4.1.), na dificuldade dos alunos na elaboração de relações dados/evidências/teorias/explicação (2.4.2.) e na utilização dos SATD no laboratório (2.4.3.).

2.4.1. A utilização das actividades laboratoriais no ensino e na aprendizagem das ciências: análise crítica

Ainda que tenha sido periodicamente desacreditado e pontualmente qualificado como uma perda de tempo, o papel do trabalho laboratorial no ensino das ciências, permaneceu incontestado desde meados do século XIX (Hodson, 1994), até que, no final dos anos setenta e início dos anos oitenta do século XX, alguns educadores questionaram o papel e a eficácia do trabalho laboratorial que, afinal, não seriam tão evidentes quanto pareciam (Hofstein & Luneta, 2004). Apesar deste questionamento, Atkinson afirmou, em 1990, que, os educadores em ciências atribuíam grande importância ao trabalho laboratorial argumentando que o conhecimento científico não se pode aprender apenas nos livros, e muitos educadores continuam a sugerir existência de benefícios decorrentes do envolvimento dos estudantes em actividades laboratoriais (Hofstein & Lunetta 2004; Hofstein, Shore & Kipnis, 2004).

As origens históricas da utilização do trabalho de laboratório como recurso didáctico têm sido situadas em meados do séc. XIX, época em que, no Reino Unido, foram providenciadas verbas para equipar os laboratórios escolares. Inicialmente, tratava-se apenas de viabilizar demonstrações feitas por professores, com a finalidade de ilustrar conceitos, mas, desde então, o modo como a

utilização do trabalho laboratorial tem sido conceptualizada tem sofrido influência de vários projectos que tiveram repercussões em diversos países e que foram colocando a ênfase em diferentes aspectos. Em finais do século XIX passou a ser defendida uma perspectiva heurística segundo a qual se pretendia que os alunos fossem treinados para descobrir os conceitos por eles próprios e que se apoiava na ideia da eficácia de uma aprendizagem através da acção. Como consequência, foi encorajado o trabalho laboratorial individual nas escolas (Gott & Duggan, 1995). Contudo, na viragem para o séc. XX, talvez devido ao tempo que exigia e às dificuldades dos professores para o usarem dessa forma, a perspectiva de aprendizagem por descoberta perdeu terreno, a ênfase passou a ser colocada no conteúdo e o ensino acabou por ficar confinado à apresentação de factos científicos, princípios, leis e a algumas aplicações destas (Klainin, 1995), até que, em meados do séc. XX, com o projecto Nuffield se pode falar de um ressurgimento da intenção de encorajar os alunos a aprender a descobrir e a aprender conceitos por descoberta (Gott & Duggan, 1995). Na verdade, por volta dos anos setenta, do séc. XX, muitos cientistas e filósofos das ciências consideravam as ciências como processos de pensamento e acção, e como meios de adquirir novo conhecimento e de compreender o mundo natural (Klainin, 1995). O ensino das ciências passou a ser baseado na ideia de que os alunos deviam fazer primeiro a aprendizagem dos processos das ciências e só depois a aprendizagem dos factos, dos princípios e das teorias científicas (Klainin, 1995). A ênfase passou a ser colocada na prática do método científico e na objectividade, ignorando as ideias prévias dos alunos e o facto de as observações não serem percebidas de modo neutro (Gott & Duggan, 1995), e baseando-se num ponto de vista empirista das ciências e numa visão indutiva do método científico (Millar, 2004). Contudo, rapidamente as actividades usadas nas aulas atingiram um elevado grau de estruturação e, na prática, o principal propósito acabou por ser o ensino dos conceitos, ficando em causa a consecução dos objectivos iniciais e centrais do projecto (Gott & Duggan, 1995).

No final dos anos setenta, do século passado, foram postos em causa o papel e a eficácia do trabalho laboratorial e, depois, assistiu-se, na década de oitenta, a uma reformulação do plano Nuffield. Segundo Gott e Duggan (1995), através dessa reformulação pretendia-se uma mudança de enfoque e a ênfase deixou de ser colocada no método científico, que entretanto tinha sido questionado, enquanto método único de construção do conhecimento científico, pelos trabalhos de autores como Popper, Kuhn e Lakatos. Nessa época, Woolnough afirmou que qualquer tentativa para que os alunos chegassem às teorias a partir do trabalho laboratorial implicaria que este fosse muito estruturado e seria precisamente essa estruturação que afastaria o aluno de vivenciar o que é

ser um cientista (Woolnough, 1983). Foi, então, advogada a necessidade de libertar o trabalho laboratorial do constrangimento de ensinar a teoria, pois isso teria um efeito negativo no desenvolvimento das capacidades investigativas (Woolnough & Allsop, 1985).

Assim, no início da década de 90, do séc. XX, a controvérsia relativa ao papel e à ênfase a dar ao trabalho laboratorial no ensino das ciências não estava resolvida (Friedler & Tamir, 1990). Nessa altura, Layton (1990) afirmava que, embora a educação em ciências fosse impensável sem actividade de laboratório, a prática laboratorial dos estudantes não devia ser considerada uma panaceia nem um meio universal para uma multiplicidade de fins. De acordo com Hofstein (1995), alguns objectivos da educação em ciências poderão ser eficazmente alcançados sem necessidade de manipulação de materiais no laboratório. Efectivamente, alguns autores (Hodson, 1994; Hofstein, 1995) consideram que existem suficientes dados sugerindo que a actividade laboratorial pode ajudar a alcançar parte dos objectivos da educação em ciências, mas não todos. Além disso, passou a considerar-se os conceitos e outras ideias abstractas não podem ser construídas pelos estudantes mas antes têm de ser veiculadas aos alunos pelo professor (Millar, 1998). No entanto, na prática, a situação era um pouco mais complexa, pois existia algum desfazamento entre os objectivos que se pretendia alcançar através do trabalho laboratorial e o tipo de actividades realizadas para os alcançar (Hodson, 1994; Woolnough, 1998). Hodson (1994) considerava que o trabalho laboratorial, por um lado, era usado em demasia, no sentido de que os professores o usavam com a ideia de que servia para alcançar todos os objectivos de aprendizagem, e, por outro lado, era infra-utilizado na medida em que só em raras ocasiões era explorado todo o seu potencial. A fim de minimizar este problema, a questão que tinha de ser colocada consistia em perguntar que tipo de actividade deve ser realizado para atingir um dado objectivo (Watson, 2000).

Na verdade, quando Hodson (1994) analisou o trabalho laboratorial implementado nas escolas, constatou que, frequentemente, era colocada ênfase em actividades que não valorizam o planeamento de procedimentos laboratoriais nem a interpretação de resultados pelos alunos. A consequência destes factos é que, apesar do trabalho laboratorial ocupar grande parte do tempo lectivo, o tempo dedicado à aprendizagem conceptual era, em geral, muito curto (Hodson, 1994). Por isso, muitos estudantes se apercebiam de que o laboratório escolar era um lugar onde estavam activos mas incapazes de relacionar o que faziam com o que deviam aprender, tanto em termos de conteúdos conceptuais como de conteúdos procedimentais (Hodson, 1994). Esta percepção pode condicionar a aprendizagem, pois esta é influenciada pelas percepções que os alunos têm do trabalho laboratorial (Gorst & Lee, 2005). Infelizmente as práticas conducentes à ineficácia do

trabalho laboratorial estavam muito generalizadas. Em Portugal, dados recolhidos no ano lectivo de 1998 indicavam que, na disciplina de Ciências Físico-Químicas do ensino secundário, o trabalho laboratorial era pouco utilizado e, nos casos em que era usado, servia essencialmente para ilustrar/confirmar os conceitos e os princípios apresentados (Leite 1999). No que respeita às Técnicas Laboratoriais de Física (TLF), segundo Araújo (1996), 56% dos primeiros alunos que, nos distritos de Braga e Porto, se encontravam no 11º ano, tendo frequentado o 10º ano da disciplina de TLF, afirmaram que nas aulas desta disciplina se tinha recorrido pouco ou nada a actividades laboratoriais e a maioria (60%) daqueles alunos considerou que a disciplina de TLF não tinha contribuído para a aprendizagem da Física. Posteriormente, a investigação realizada por Cunha (2002), envolvendo 301 alunos que frequentavam o 10º, 11º ou 12º e 67 professores que leccionavam simultaneamente Ciências Físico Químicas/Física e TLF, concluiu que cerca de metade das aulas laboratoriais, quer em Técnicas Laboratoriais de Física quer em Ciências Físico Químicas/Física, os professores e os alunos se limitaram a usar os protocolos do manual adoptado (com excepção do bloco III de TLF em que não existia manual). A mesma investigação mostrou também que os manuais que serviam de apoio à disciplina de TLF, induziam uma abordagem laboratorial sem interligação com a teoria, pois ou só continham actividades laboratoriais ou incluíam uma reduzida abordagem conceptual que não era suficiente para servir de base à consecução de cada actividade laboratorial.

Implementar as actividades laboratoriais de uma forma em que os estudantes gastam grande parte do tempo a seguir 'receitas' elaboradas para que sejam atingidos resultados pré-determinados, não dá aos alunos oportunidades de reflexão (Hodson & Bencze, 1998; Hofstein & Luneta, 2004). Para Hodson (1998), em grande parte das actividades laboratoriais assume-se que a observação e a experimentação podem proporcionar conhecimento certo e seguro sobre o universo, pois as observações são consideradas independentes da teoria e das vivências daquele que observa. Como consequência, as experiências são olhadas como testes decisivos sobre a validade das hipóteses e conjecturas e a evidência factual determinada experimentalmente supõe-se que fala por ela própria. A evidência é considerada não problemática e é dada pouca importância à possibilidade de interpretações alternativas (Hodson, 1998). Para Millar (1998), este ponto de vista tem subjacente uma perspectiva filosófica que se enquadra num empirismo ingénuo, o qual admite que o nosso conhecimento começa com observações, nas quais procuramos discernir padrões e regularidades, para chegar a uma explicação. Por isso, ao recorrer ao trabalho laboratorial estruturado de modo a fazer parecer que as explicações emergem a partir das observações, está a

induzir-se a ilusão de que o processo de construção do conhecimento conduz a uma ciência comprovada e de que os pontos de vista dos cientistas têm uma autoridade conferida pela aplicação do método científico (Hodson & Bencze, 1998). Um contributo necessário para desfazer esta ilusão de certeza seria o reconhecimento de que a observação depende da teoria (Hodson & Bencze, 1998). Esse reconhecimento permitiria aos alunos perceberem que, na prática, as teorias convivem com resultados experimentais anómalos, e que, quanto mais desenvolvida for a área de conhecimento, mais a experimentação é conduzida pela teoria.

Por outro lado, já em finais da década de oitenta, Hodson (1988) alertava para que, ao colocar mais ênfase no fazer do que no pensar, se estava a contribuir para que os alunos desenvolvessem uma ideia ingénuo de falsificabilidade popperiana, ou seja, pensassem que uma teoria pode ser abandonada por alguns resultados experimentais negativos. Uma tal interpretação simplista da noção popperiana de que as experiências proporcionam testes cruciais sobre a adequação empírica de uma teoria deveria ser substituída por uma visão mais complexa das relações entre observação, teoria e experiência (Hodson, 1988). Já nessa data, Hodson salientava a importância da argumentação, ao afirmar que a percepção dessa complexidade exigiria que os estudantes tivessem oportunidades de reflexão e tempo para discussão, argumentação ou negociação de significados (Hodson, 1988). Infelizmente, tais oportunidades continuam a ser escassas, pois as actividades laboratoriais continuam a ser fechadas e baseadas em protocolos de tipo receita. De facto, a análise do trabalho laboratorial desenvolvida no âmbito do projecto “Labwork in Science Education” e apresentada no respectivo relatório (Séré *et. al.*, 2005), mostrou que, em vários países europeus, muitos estudantes parecem considerar que, na produção do conhecimento científico, as conclusões emergem directamente de uma análise lógica dos dados, sem mostrarem qualquer conhecimento de que as teorias e os modelos ajudam a modelar a forma como os cientistas avaliam e interpretam os dados.

A preocupação de promover a eficácia do trabalho laboratorial seleccionando o tipo de actividade que devia ser realizada para atingir um dado objectivo levou, no início da década de 90 do século XX, Tamir (1991) a organizar os objectivos do trabalho laboratorial em cinco grupos: compreensão dos conceitos; aquisição de hábitos e capacidades; ganho de perícias ou “skills”; apreciação da natureza das ciências; desenvolvimento de atitudes. Klopfer (1990) defendeu que seria possível, através de sequências instrucionais desenhadas de modo adequado, tornar acessível à maioria dos estudantes a compreensão simultânea dos conceitos e dos processos científicos, pois estes dois aspectos constituem um todo cuja divisão é útil apenas para efeitos de clarificação

conceptual (Klopfer, 1990). No entanto, esta opinião não é consensual entre os especialistas na área. Na verdade, enquanto Millar (2004) considera que os dois objectivos estão interligados, Woolnough (1998) argumenta que promover estes dois objectivos através da mesma actividade laboratorial poderá fazer com que nenhum seja atingido. A este respeito, já em 1985, Woolnough & Allsop alertaram para o facto de ser necessário aceitar que a compreensão da metodologia científica constitui, em si mesmo, um objectivo de pleno direito. Na verdade, quando se estrutura o trabalho laboratorial com a finalidade de clarificar a teoria não se permite ao estudante experimentar a liberdade de conduzir o processo e quando se encoraja um estudante a investigar um problema é pouco provável que ele chegue às teorias correctas (Woolnough, 1998).

Assim, a estrutura e a natureza das actividades devem ser função dos objectivos a alcançar. A aprendizagem de conceitos científicos requer actividades distintas das que permitem aprender a fazer ciências que requerem, por exemplo, o desenho e a condução de um processo de investigação, e são também distintas das que permitem compreender a natureza do conhecimento científico (Hodson, 1994; Hodson & Bencze, 1998). Hodson (1994) considera que o trabalho laboratorial não é o melhor recurso para facilitar a compreensão da natureza das ciências. Contudo, admite que ele possa ser usado para tal fim. Nesse caso, chama a atenção para o facto de que a compreensão da natureza das ciências só poder ser alcançada com êxito se existir um planeamento cuidadoso das actividades laboratoriais que seja baseado num modelo filosoficamente válido. Tal modelo não poderá ser baseado no indutivismo, não deverá considerar as ciências como uma série algorítmica de processos e não deve aceitar os pontos de vista popperianos, no sentido estrito do termo.

Como foi referido no ponto 1.2.2, é mais correcto falar da eficácia de um dado tipo de actividade laboratorial do que da eficácia do trabalho laboratorial como um todo (Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2002). Segundo estes autores, o perfil de uma actividade fica definido depois de a actividade ser classificada em relação a cada um dos seguintes aspectos: os objectivos de aprendizagem; a estrutura cognitiva da tarefa; o contexto prático da tarefa; a natureza do envolvimento do estudante; e o nível de envolvimento dos estudantes ou grau de abertura da actividade. O grau de abertura é um conceito que informa sobre o envolvimento, cognitivo e psicomotor, do aluno com a actividade e, dependendo dos autores, pode ser caracterizado com base em três ou mais aspectos. Para Gott e Duggan (1995), o grau de abertura tem a ver com a definição do problema, a escolha do método de abordagem e o número de soluções. Seguindo Herron (1971), Tamir (1991) apresentou quatro níveis para o grau de abertura de uma actividade laboratorial: no

nível zero cabe ao aluno apenas a recolha de dados, pois tanto o problema como o procedimento e conclusões são-lhe fornecidos; no nível um já caberá ao aluno apresentar as conclusões; no nível dois apenas o problema é apresentado ao aluno; e finalmente, no nível três o aluno terá de começar pela formulação do problema e terminar apresentando as conclusões. Assim, o grau de abertura pode ser manipulado de acordo com os objectivos que se tem em vista, deslocando a iniciativa do professor para o aluno (Gott & Duggan, 1995). Se o problema é totalmente definido pelo professor, o método totalmente escolhido pelo professor e o problema tem uma solução única, a actividade não têm qualquer grau de abertura e não pertence à categoria de investigação. Se a solução não for previamente conhecida do aluno será uma actividade *orientada para a determinação do que acontece*, caso contrário será uma actividade ilustrativa. Pelo contrário, uma actividade em que o problema é definido pelo aluno, o método é escolhido pelo aluno e o problema tem mais do que uma solução é uma actividade que apresenta o máximo grau de abertura (Gott & Duggan, 1995) e pode ser considerado uma investigação. Para Millar, Tiberghien e Le Maréchal (2002), o grau de abertura depende de cinco aspectos que podem ser especificados pelo professor, escolhidos pelos estudantes ou decididos através de discussão. Esses cinco aspectos são: a questão que vai ser respondida, o equipamento usado, o procedimento a seguir, os métodos de tratamento dos dados e a interpretação dos resultados. Assim, embora o primeiro aspecto coincida em ambas as classificações, nesta última são especificados três aspectos relacionados com equipamento, procedimento e tratamento dos dados que não são especificados na classificação anterior. Também o último aspecto coincide nas duas classificações se admitirmos que a interpretação dos resultados pode incluir mais do que uma solução para o problema. Embora existam diferenças na caracterização do grau de abertura, vários autores concordam relativamente ao facto de que sem actividades de elevado grau de abertura não é possível concretizar todos objectivos que actualmente são reconhecidos como relevantes (Gott & Duggan, 1995; Leite, 2002) no domínio da educação em ciências.

A necessidade de adequar as actividades laboratoriais aos objectivos a alcançar levou vários autores a definir tipologias de actividades laboratoriais. Como já foi referido no ponto 1.2.2., Woolnough (1983) e Woolnough e Allsop (1985) classificaram as actividades laboratoriais em três tipos: exercícios, experiências e investigações. Nesta tipologia, as experiências abrangiam uma gama muito variada de actividades, que veio a ser desdobrada. Assim, Caamaño, Carrascosa e Oñorbe (1994) consideraram quatro tipos de actividades: experiências destinadas a vivenciar os fenómenos; experiências ilustrativas, com o objectivo de ilustrar e favorecer a compreensão dos conceitos

princípios e leis; exercícios práticos, destinados à aprendizagem de habilidades práticas, intelectuais e de comunicação, e das técnicas e estratégias de investigação; e investigações, concebidas para proporcionar aos estudantes a oportunidade de trabalhar na resolução de problemas. No início da década de noventa, do século findo, a preocupação com a promoção da mudança conceptual dos alunos levou Gunstone (1991) a definir um novo tipo de actividade laboratorial: as actividades prevê-observa-explica (POE). Mais recentemente, tendo em conta tipologias anteriormente definidas, Leite (2002) agrupou as actividades laboratoriais em seis tipos, cada um dos quais permite alcançar diferentes objectivos e desenvolver nos alunos diversas competências: exercícios; actividades para aquisição de sensibilidade acerca dos fenómenos; actividades ilustrativas; actividades orientadas para a determinação do que acontece; actividades Prevê-Observa-Explica-Reflecte (com ou sem procedimento laboratorial) e investigações. Como também foi referido no ponto 1.2.2., segundo esta autora, as actividades Prevê-Observa-Explica-Reflecte sem procedimento incluído e as investigações, são as actividades com maior grau de abertura, que proporcionam aos alunos oportunidades de se envolverem. quer no planeamento dos procedimentos laboratoriais quer na interpretação dos resultados. Consequentemente, são as que melhor permitem desenvolver nos alunos capacidades e competências inerentes ao trabalho dos cientistas e à compreensão da natureza das ciências. Caamaño (2004) continua a referir quatro tipos de actividades, distinguindo alguns subtipos. Assim considera: as experiências destinadas a obter uma familiarização perceptiva com os fenómenos; experiências ilustrativas que visam a interpretação de um fenómeno e que, quando realizadas unicamente pelo professor, costumam ser designadas por demonstrações; exercícios práticos em que distingue os que são destinados a fomentar a aquisição de determinados procedimentos e destrezas (práticas, intelectuais ou de comunicação), e os que são destinados a corroborar a teoria e em cuja realização também se adquirem os mesmos tipos de destrezas; e investigações destinadas a resolver problemas teóricos como contrastar hipóteses, determinar propriedades e relações entre variáveis ou destinadas a resolver problemas práticos.

Assim, para que o trabalho laboratorial seja eficaz na consecução da diversidade de objectivos anteriormente referidos deverão ser realizadas actividades de natureza diversa, incluindo actividades que não sejam rigidamente planificadas, e deverão usar-se estratégias para manter os estudantes a pensar sobre as ideias explicativas envolvidas e não apenas a observar os fenómenos (Millar, 2004). As actividades laboratoriais devem contribuir para ajudar os estudantes a estabelecer ligações entre dois domínios do conhecimento: por um lado, o domínio dos objectos, das propriedades observáveis e dos acontecimentos e, por outro lado, o domínio das ideias (Millar,

Tiberghien & Le Maréchal, 2002; Millar, 2004). Quando as tarefas falham na promoção da compreensão conceptual dos acontecimentos é porque, no desenho da actividade, foi ignorado o domínio das ideias (Millar, 2004). A chave para promover a eficácia do trabalho prático e, em particular, o trabalho laboratorial que nele está incluído, pode residir em ajudar os professores a desenvolver e implementar actividades em que os estudantes estabeleçam a referida ligação entre os dois domínios (Millar, 2004).

Segundo Gott e Duggan (1995), as investigações são um tipo de actividade de resolução de problemas para a qual concorrem quer o conhecimento conceptual quer o conhecimento procedimental. Na verdade, o problema pode ser apresentado ao aluno ou pode ser definido por ele. Em qualquer dos casos, para a resolução de um problema, o aluno tem que recorrer aos seus conhecimentos teóricos e também tem que proceder à escolha de uma metodologia para abordar o problema. Para Klopfer (1990), a actividade laboratorial orientada por um processo investigativo permite o desenvolvimento das seguintes capacidades/habilidades: capacidade para obter informação científica através do trabalho laboratorial, observando objectos e fenómenos, descrevendo observações, medindo, seleccionando instrumentos, etc.; habilidade para colocar as questões científicas apropriadas e procurar as respostas, ou seja, reconhecer um problema, formular uma hipótese de trabalho, seleccionar testes adequados, desenhar procedimentos para executar testes experimentais; habilidade para organizar, comunicar e interpretar os dados e observações; habilidade para elaborar conclusões e fazer inferências; habilidade para reconhecer o papel das experiências e observações laboratoriais no desenvolvimento de teorias científicas. A primeira coloca ênfase na manipulação de materiais e recolha de dados; as outras colocam mais ênfase nos aspectos cognitivos/conceptuais.

Segundo Klopfer (1990), os conceitos científicos e os processos de investigação constituem um todo, pois uma compreensão profunda dos princípios e teorias científicas inclui o conhecimento dos processos investigativos através dos quais são alcançados, e, por isso uma melhor compreensão de tais processos irá melhorar, também, o conhecimento dos conteúdos conceptuais. É este aperfeiçoamento na compreensão dos conteúdos que Gott e Duggan (1995) designam por refinamento conceptual. Hodson e Bencze (1998) consideram que, antes desse refinamento, já deve ter ocorrido uma primeira aquisição do conhecimento conceptual, que não é conseguida através de actividades de elevado grau de abertura, mas através de um largo leque de estratégias de ensino e aprendizagem que incluem, entre outras, a exposição oral e demonstrações feitas pelos professores. No caso de existirem ideias prévias, não concordantes com o ponto de vista científico, o refinamento

terá de ser precedido pela reestruturação dessas ideias, ou seja, pela mudança conceptual (Gunstone, 1995), caso contrário, as ideias prévias vão influenciar as decisões que os alunos tomam no decorrer da investigação, e podem funcionar como obstáculos ao desenvolvimento da mesma (Leite, 2002). Assim, as actividades investigativas não são as mais adequadas para uma primeira aquisição do conhecimento conceptual (Hodson & Bencze, 1998), mas são adequadas para, de um modo integrado, desenvolver o conhecimento procedimental e promover o refinamento do conhecimento conceptual (Gott & Duggan, 1995).

Quando se pretende promover nos estudantes a compreensão da natureza do conhecimento científico, o envolvimento dos mesmos em investigações pode contribuir para tal, pois neste tipo de actividades os alunos, além de desenvolverem competências de resolução de problemas, podem adquirir alguma compreensão sobre os processos usados pelos cientistas e sobre a sua natureza (Leite, 2002). Segundo Hofstein e Lunetta (2004), numa atmosfera informal, com oportunidades de maior interacção entre os estudantes e entre estes e o seu professor, a resolução de problemas irá contribuir para os estudantes perceberem como trabalha uma comunidade científica de especialistas. Por isso, para desenvolverem os seus conhecimentos metodológicos e adquirirem uma noção adequada da natureza do conhecimento científico, todos os alunos devem ter oportunidade de realizar algumas investigações (Leite, 2002). Efectivamente, a análise da eficácia das actividades laboratoriais de grau de abertura elevado, efectuada em cinco subprojectos realizados no âmbito do projecto "Labwork in Science Education", mostrou que é possível fomentar a compreensão, por parte dos estudantes, dos procedimentos usados em ciências sem que seja negligenciada a compreensão dos conceitos (Séré *et al.*, 2005). Todavia, não se pode pensar em abordar todos os conceitos de um programa através de investigações, pois as exigências de tempo que colocam e o seu carácter problemático faz com que não possam ser utilizadas para leccionar todo o currículo previsto (Leite, 2002). A este propósito, Wellington (2002) defende que os estudantes devem ter oportunidade de realizar pelo menos uma investigação genuína, ou seja, um projecto investigativo, durante um período extenso, e sem um formato pré-definido.

Gott e Duggan (1995) referem que o facto de, nas investigações, a aprendizagem ser centrada no aluno pode ter originado uma tendência para considerar as investigações como actividades que decorrem sem intervenção ou com um mínimo de intervenção do professor. Mas, pelo contrário, estes autores consideram que as investigações requerem grande interacção entre professor e alunos e que o professor tem que actuar como mediador, preparando questões antes da lição para fazer avançar a aprendizagem dos alunos. Já no início da década de noventa, Klopfer

(1990) afirmou que cabia aos professores a responsabilidade de ajudar os estudantes, através do envolvimento destes em actividades investigativas, a compreenderem a natureza do empreendimento científico. Todavia, tais oportunidades não existem se as actividades laboratoriais continuarem a ser baseadas em protocolos de tipo receita como propõem muitos manuais escolares (Figueiroa, 2007; Leite & Figueiroa, 2004b; Pacheco, 2007; Sequeira, 2004).

Entre a diversidade de actividades laboratoriais que são consideradas investigativas, são muito frequentes as investigações empíricas sobre relações entre variáveis, em que uma variável independente é manipulada para se obter o efeito na variável dependente enquanto outras variáveis relevantes são mantidas sob controlo (Hodson, 1998; Millar, 2004). Uma investigação realizada por Park e Kim (1998) com alunos do ensino secundário, na Coreia, mostrou que, apesar de confrontados com um resultado que contrariou as suas concepções prévias, a maioria (55%) dos estudantes conservaram as suas pré-concepções, enquanto que, noutra situação, em que os alunos se envolveram numa estratégia de controlo de variáveis, a maioria (91%) dos alunos mudou as suas pré-concepções. Contudo, enquanto que a identificação de variáveis controladas e manipuladas requer um nível baixo de domínio de conhecimentos conceptuais a capacidade de desenhar uma experiência que envolva controlo e manipulação de variáveis requer um nível alto de compreensão dos conceitos científicos específicos envolvidos (Taylor & Dana, 2003). Todavia, ainda que o controlo de variáveis seja uma componente importante da investigação em ciências e lance luz sobre o raciocínio científico e lógico, a focagem neste único aspecto, com a exclusão de outros aspectos, conduz a uma imagem distorcida da investigação (Watson, 2000; Millar, 2004; Haigh, France & Forret, 2005) e contribui para que o trabalho laboratorial falhe na representação da variedade de métodos usados pelos cientistas (Millar, 2004). Hodson e Bencze (1998) salientaram a importância das actividades investigativas centradas no estudo de correlações. Este tipo de actividades permite que os acontecimentos sejam estudados em condições naturais e é especialmente útil quando a experimentação laboratorial não é possível por questões de ordem ética ou outras. Por isso, os alunos devem ter oportunidade de fazer actividades que exijam estudos de correlação, uma vez que o seu papel em ciências é mais proeminente do que aquilo que os currículos tradicionais sugerem (Hodson & Bencze, 1998).

Haigh, France e Forret (2005) defendem que o envolvimento dos estudantes em investigações uma vez que, para além de lhes permitir compreender a complexidade do processo de construção do conhecimento científico e o facto da planificação ser um processo iterativo, permite também constatar que a argumentação assim como a comunicação dos resultados e conclusões à

comunidade constituída pelos seus pares fazem também parte do processo de construção do conhecimento científico. Por isso, aqueles autores sugerem que os professores de ciências, em colaboração com os colegas da área das línguas, encontrem formas de desenvolver nos alunos a capacidade de argumentar e lhes proporcionem oportunidades de debater os diferentes tipos de evidência. Dar aos alunos estas oportunidades não significa envolvê-los em actividades idênticas às dos cientistas profissionais (Haigh, France & Forret, 2005). Trata-se apenas de envolvê-los em práticas de raciocínio e discursivas semelhantes às que ocorrem entre cientistas (Ford, 2008; Sandoval & Reiser, 2004; Watson, Swain & McRobbie, 2004). Por outro lado, como foi referido no ponto 1.2.2, a actividade de investigação não é uma actividade individual, mas uma actividade de grupo (Driver, Newton & Osborne, 2000; Watson, Swain & McRobbie, 2004). Todavia, não basta proporcionar oportunidades para discussão em grupo, pois podem ocorrer situações em que, no trabalho em grupo, os alunos manifestam relutância em ouvir e aceitar ideias dos outros, ou situações em que os alunos não discutem, optando por, cada um, escrever a sua própria resposta (Vieira & Vieira, 2006). De facto, há que ter, também, em conta a forma como as tarefas são implementadas e orientadas. Encorajar os contributos a favor da qualidade de um produto da responsabilidade de todos pode ser uma forma de promover nos alunos atitudes de cooperação (Vieira & Vieira, 2006). Estes autores constataram que durante a realização de actividades laboratoriais por alunos do Ensino Básico, estes se mostraram, progressivamente, capazes de ouvir e aceitar as ideias dos outros, apresentar e defender as suas ideias, usar termos mais correctos e adequados e reflectir sobre as respostas antes de as escreverem. Também verificaram que os alunos foram usando, progressivamente, de forma mais eficaz, as capacidades de pensamento crítico exigidas no contexto das actividades laboratoriais propostas, inferindo hipóteses ou conclusões explicativas e delineando investigações. Contudo, há que ter em conta que se nas propostas de trabalho não forem apresentados questões desafiadoras o trabalho em grupo pode reduzir-se à elaboração de respostas com base nos manuais escolares (Wu & Huang, 2007), que, como se sabe, tendem a apresentar actividades laboratoriais com baixo grau de abertura (Figueiroa, 2007; Leite & Figueiroa, 2004b; Pacheco, 2007; Sequeira, 2004), e, portanto, pouco desafiadoras.

Quando o objectivo é fomentar a reestruturação do conhecimento conceptual dos alunos, as actividades POE podem ser usadas pois permitem mostrar a inconsistência entre os pontos de vista dos alunos e as concepções cientificamente aceites. Todavia, como afirmou Gunstone (1991), a constatação dessa inconsistência não conduz linearmente à reestruturação dos pontos de vista pessoais. É necessário que os alunos tomem consciência das suas ideias e da relação que elas têm

com o ponto de vista científico e aceitem este como mais útil que as suas ideias. Dado que, os conceitos e as teorias científicas são, muitas vezes, contra-intuitivos a sua compreensão não é um processo simples, pelo que têm de ser construídos conversando e procurando informação acerca dos fenómenos e não apenas através da observação dos mesmos (Watson, 2000). Na verdade, os estudantes têm que ter oportunidade de dar sentido à informação e isto requer um esforço cognitivo por parte dos mesmos (Park & Kim, 1998). Além disso, quando as previsões feitas com base em conhecimentos teóricos prévios não são concordantes com o ponto de vista científico, têm de ser criadas condições para que ocorra o conflito cognitivo e para promover o debate entre alunos e entre alunos e professor (Millar, 2004), tem de ser criado um contexto propício a que a evidência empírica seja usada pelos alunos para repensarem os seus pontos de vista (Scanlon *et al.*, 2002; Naylor, Keogh, & Dowing, 2007) e para pensarem sobre as ideias explicativas envolvidas e não apenas sobre os fenómenos observáveis (Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2002; Millar, 2004). Neste processo, as conversas, as discussões e a imaginação são importantes (Wellington, 2002).

Do que foi dito decorre que, quer as investigações quer as actividades POER, implicam uma reflexão sobre a evidência empírica. Nas investigações, os alunos devem analisar as relações entre a evidência empírica obtida e as hipóteses testadas, bem como as relações entre a evidência empírica e a teoria da qual a hipótese foi deduzida (Klopfer, 1990). De modo análogo, nas actividades POER os alunos devem analisar as relações entre a evidência empírica obtida e as suas previsões, bem como as relações entre a evidência empírica e a teoria na qual apoiaram essas previsões. Durante esta análise, o estudante tem de fazer um julgamento sobre a adequação da teoria que está a usar e, nesta fase, deve ter oportunidade de, juntamente com outros, discutir e argumentar sobre o valor das teorias em que se apoiaram para fazer as suas previsões. A defesa dos seus próprios pontos de vista, através da argumentação, é concordante com o ponto de vista de Gott e Duggan (1995) que defendem a natureza pública da evidência, ou seja, a ideia de evidência para uma audiência. Segundo esta ideia, é necessário tornar a evidência avaliável por outros para que seja ponderado o peso a dar a uma explicação, interpretação ou solução de um problema, baseada nessa evidência. Por isso, é importante que os alunos envolvidos no uso de evidências construam e avaliem explicações baseadas em dados empíricos e em argumentos lógicos (Hofstein & Lunetta, 2004) e os defendam perante os seus pares.

Em resumo, quer as actividades direccionadas para a reconstrução do conhecimento conceptual, quer as actividades que permitem desenvolver nos alunos as capacidades e competências inerentes ao trabalho dos cientistas e a compreensão da natureza das ciências,

implicam que se promova, entre os alunos, a reflexão e o confronto de pontos de vista, o confronto dos seus pontos de vista com a evidência empírica e com os pontos de vista científicos, e que se lhes dê a oportunidade de exercitarem práticas argumentativas na procura de explicações congruentes com o ponto de vista científico (Naylor, Keogh & Dowing, 2007). Os estudantes devem ser incentivados a discutir sobre como usarem os dados recolhidos para construir evidências e sobre a avaliação das evidências que usam para apoiar as conclusões que elaboram (Watson, 2000; Watson, Swain & McRobbie, 2004). Contudo, segundo Watson, Swain e McRobbie (2004), a construção de argumentos conducente à planificação e concretização de uma actividade investigativa e o julgamento da suficiência ou insuficiência de dados para formular conclusões é frequentemente negligenciado. No nosso país, Leite e Esteves (2005) identificaram em estudantes universitários (futuros professores) dificuldades em reconhecer as inconsistências e incorrecções presentes em protocolos de actividades laboratoriais, do âmbito da Química, frequentemente utilizadas no Ensino Básico. Esses estudantes não sentiram a falta de condições que permitissem a recolha de dados que constituíssem evidências dos resultados que se pretendia obter com os protocolos laboratoriais que lhes foram apresentados e aceitaram acriticamente esses mesmos protocolos. No âmbito do projecto “Labwork in Science Education” também foi constatado que os estudantes apresentam dificuldade em estabelecer ligação entre a teoria e as evidências e acabam por apresentar conclusões com base em evidências insuficientes (Séré *et al.*, 2005). Acresce que também manuais escolares de ciências propõem actividades laboratoriais em que não é prevista a recolha dos dados necessários para elaborar conclusões empiricamente fundamentadas (Leite & Figueiroa, 2004b; Figueiroa, 2007).

Segundo Hofstein e Lunetta (2004), os educadores em ciências têm vindo, de modo crescente, a encarar o laboratório como um ambiente único em que os estudantes podem estudar fenómenos científicos trabalhando cooperativamente em pequenos grupos. Contudo, em Portugal, como foi referido no primeiro capítulo, as práticas que os professores dizem implementar (Dourado & Leite, 2006; Leite & Dourado, 2007; Ramalho, 2007) sugerem que isso não parece estar a acontecer, em escala significativa, embora se constatare que, a partir da década de 90 (do século XX), as orientações programáticas das disciplinas do âmbito das ciências Físicas e Naturais têm vindo a dar importância crescente às actividades de tipo laboratoriais, enquanto recurso didáctico.

De facto, os programas das disciplinas de ciências aprovados no início dessa década tanto para o ensino secundário como para o ensino básico, recomendavam que a componente laboratorial fosse integrada nas (tradicionais) disciplinas de ciências, que não fosse dissociada da componente

teórica e que as turmas, no ensino secundário, fossem divididas em dois turnos para a realização de actividades de tipo laboratorial. No Além disso, no ensino secundário, foram criadas disciplinas dedicadas especificamente à componente laboratorial, as disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Física, Química, Biologia e Geologia. Na introdução da versão de 1995 do programa de CFQ do 3º ciclo, reafirma-se que a disciplina de Ciências Físico-Químicas devia privilegiar processos tais como: “a dedução das consequências de dada uma teoria, a previsão de resultados com base numa hipótese, o planeamento da experiência para testar uma ideia, a prática de ajuizar as incertezas introduzidas numa medição (directa ou indirecta), ou, ainda, a reflexão sobre os resultados experimentais” (DEB, 1995, p. 5). A necessidade de afirmar que estes aspectos deviam ser privilegiados decorreu do facto de ter sido reconhecida a existência de um tipo de ensino caracterizado pela subestimação da componente laboratorial e que se limitava, não raras vezes, à exposição académica de assuntos. Algo análogo se passava no ensino secundário, pois, também na introdução ao programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas de 10º ano se afirmava que, atendendo às limitações existentes, se sugeria que fosse realizada pelo menos uma actividade laboratorial no decorrer do ano lectivo. Esta recomendação mostra que se reconhecia que em muitos casos se constatava a ausência total de trabalho no laboratório. Nas disciplinas de técnicas laboratoriais existia, efectivamente, a realização de actividades laboratoriais. No entanto, Cunha (2002) constatou que nas disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Física, que focavam temas comuns à disciplina de Ciências Físico-Químicas, os manuais não explicitavam conteúdos conceptuais apresentando apenas uma abordagem laboratorial dos mesmos, mas sem estabelecerem uma interligação explícita com a teoria subjacente às actividades propostas.

Embora as disciplinas de Técnicas Laboratoriais tenham sido abolidas a partir de 2004/2005, com a Revisão Curricular do Ensino Secundário, isso não significa que seja actualmente dada menos importância às actividades laboratoriais pelo Ministério da Educação. Esta Revisão Curricular consagra a componente laboratorial obrigatória no ensino secundário, integrada nas disciplinas de ciências, e aumenta a duração dos tempos lectivos para 90 minutos facilitando a realização de actividades de maior grau de abertura. Para além disso, enfatiza uma perspectiva investigativa, que não estava presente nas Técnicas Laboratoriais de Física nem de Química, sem utilização de protocolos rígidos, em que haja lugar para as práticas de argumentação entre os alunos.

A defesa de realização de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura e de que sejam dadas aos alunos oportunidades de analisar, interpretar e avaliar as evidências e de

“aprender a construir argumentos persuasivos a partir de evidências” (DEBb), 2001, p. 130) surgiu também no contexto da actual Reorganização Curricular do Ensino Básico (RCEB). Não é defendido um tipo particular de actividade laboratorial mas a diversificação das actividades que permitam desenvolver competências relevantes quer para o cidadão quer para o cientista. Também neste nível de ensino foram criadas melhores condições para a realização, nas aulas, de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura, pois a duração dos tempos lectivos foi aumentada para 90 minutos, tal como no ensino secundário.

Todavia, a concretização das directrizes referidas, quer no Ensino Básico (2º e 3º ciclos) quer no Ensino Secundário, parece estar longe de se concretizar na prática quotidiana das escolas portuguesas na medida em que após a Reorganização Curricular, a frequência de realização de actividades laboratoriais parece não ter sofrido aumento relevante, continuando a ser predominantes as situações em que são executados protocolos construídos sem a participação dos alunos (Leite & Dourado, 2007; Ramalho, 2007). A questão que se coloca é que, se os alunos não desenvolvem competências associadas a fazer ciências, eles poderão apresentar dificuldades em lidar com as interrelações dados/evidências/teoria/explicação e, por conseguinte, em construir argumentos empírica e teoricamente fundamentados.

2.4.2. A dificuldade dos alunos na elaboração de relações dados/evidências/teoria/explicação

Driver, Newton e Osborne (2000) consideram que é necessário passar a valorizar mais o facto de o trabalho laboratorial proporcionar evidências que suportem as conclusões que se pretende fundamentar, e, também, a construção de argumentos que relacionem os dados empíricos, as evidências e as ideias e teorias. Para tal, torna-se necessário criar um ambiente em sala de aula em que os alunos se tornem críticos da forma como observam, da forma como utilizam os dados para obterem as evidências e da forma como estas são incorporadas em argumentos. No entanto, a consecução desse objectivo não é tarefa fácil, pois a própria observação pode ser condicionada pelas ideias prévias dos alunos, existindo situações em que o condicionamento é de tal modo que leva a que os resultados das observações sejam rejeitados (Kuhn, 1993). De facto, como foi referido no ponto 2.3, não existe observação independente dos conhecimentos teóricos de quem observa e isto vale quer para a observação ingénua, efectuada por um leigo no assunto, quer para a

observação efectuada por um especialista que sobre ela coloca interrogações profundas e complexas (Hodson, 1988).

O que se pretende com o ensino das ciências é que os alunos deixem de ser observadores ingénuos para serem observadores informados (Duschl, 1997). Mesmo que os alunos apresentem pontos de vista ingénuos, deve-se permitir que dediquem mais tempo à tarefa de interpretação da observação (Tomkins & Tunnicliffe, 2001), não porque se considere que as crianças podem aprender aquilo que precisam simplesmente através da observação, nem porque se aceite que a elaboração das teorias é pouco mais do que um processo de procura de regularidades na natureza, nem tão pouco porque se acredite que as teorias são validadas por observações directas, resultantes de simples testes experimentais. Pelo contrário, a importância educativa da observação realizada em sala de aula, no laboratório ou no campo, decorre do confronto e resolução das divergências entre alunos quando estes fazem observações em conjunto. Para Millar (2004), grande parte da aprendizagem associada às actividades laboratoriais ocorre através das conversas, quer entre alunos quer com o professor, sobre as observações e medições realizadas e sobre o seu significado. Se nas situações em que existem divergências entre os alunos, a interacção entre pares contribui de forma significativa para o desenvolvimento conceptual dos mesmos, também as situações em que os observadores divergem relativamente àquilo que dizem observar, poderão contribuir para o processo formativo das estruturas conceptuais (Tomkins & Tunnicliffe, 2001), desde que os estudantes tenham oportunidade de discutir sobre aquilo que observam (Millar, 2004). Além disso, a discussão, em grupo, das observações efectuadas pode conduzir à expressão de um modelo explicativo individual que, depois de discutido, pode ser partilhado e aceite e vir a apoiar predições que depois vão ser testadas empiricamente (Tomkins & Tunnicliffe, 2001), o que poderá contribuir para que os membros do grupo se tornem melhores pensadores acerca da evidência empírica.

Na construção do conhecimento científico são os cientistas que tomam decisões sobre os dados que são, ou não, relevantes e sobre a interpretação dos mesmos. As decisões dos cientistas são tomadas na base do conhecimento que possuem sobre o fenómeno em estudo e são eles que decidem quais as observações a fazer com o objectivo de testar uma dada ideia (Brickhouse *et al.*, 2000). Na verdade, o progresso das ciências requer a consideração de diferentes teorias explicativas para um dado fenómeno, a deliberação acerca de métodos a usar na investigação e a avaliação e interpretação dos dados (Duschl & Osborne, 2002). Os dados recolhidos precisam de ser interpretados e tem que ser avaliada a relevância dos mesmos para a construção de determinadas conclusões. É necessário avaliar em que medida os dados constituem evidências das conclusões em

causa e incorporá-los em argumentos bem estruturados conducentes a essas conclusões, pois, qualquer que seja o método adoptado, a evidência desempenha um papel crucial na fundamentação das conclusões (Gott & Duggan, 2003).

Phelan e Reynolds (1996) recorrem a uma definição de evidência fornecida pelo Oxford English Dictionary, para relacionarem evidência com argumentação - “factos, circunstâncias etc., que apoiam um ponto de vista, uma proposição etc., ou indicam quando algo é ou não verdadeiro ou válido” (p.3). Segundo estes autores, a referência às circunstâncias indica que o contexto é importante no apoio que se dá um determinado ponto de vista, e a referência à indicação de se algo é, ou não, verdadeiro ou válido sugere que argumento e evidência são interligados. No que diz respeito ao contexto, há que ter em conta que, no caso das Ciências Físicas e Naturais, este assume uma importância particular, uma vez que tem a ver com as condições da experiência e o desenho da investigação e que estes condicionam a interpretação dos dados e a avaliação da evidência empírica. A relação da evidência com a argumentação é também relevante pois a capacidade de construir argumentos convincentes, que relacionem as teorias explicativas com os dados resultantes da observação, é o fundamento da racionalidade do conhecimento científico (Duschl & Osborne, 2002).

Gott e Duggan (2003) consideram necessário desenvolver uma definição, ainda que seja provisória, de conceitos de evidência empírica e que permita clarificar um leque de ideias que vai desde uma evidência que corresponde a um dado único até um conceito global de evidência, que abrange todo o desenho da investigação. Designam por *datum* (dado) o valor da medida de um parâmetro que pode ser um valor médio; por *data* (dados) o plural de *datum*, e sublinham que só os dados submetidos a uma validação podem ser usados como evidência. Para estes autores, os dados estão no coração da evidência, mas tem de ser possível atribuir-lhes um grau de validade, o que implica ponderar a qualidade da experiência e o desenho da investigação. Acresce que a validade inclui, também, a fiabilidade, o que significa que é preciso ter em conta as condições sob que foram tomados os dados e a sua reprodutibilidade por outrem noutras circunstâncias (Gott, Duggan & Roberts, 1999).

Uma vez que a validade e fiabilidade dos dados são factores relevantes para a validade das evidências, as preocupações com a validade e fidelidade devem estar subjacentes ao desenho de qualquer investigação (Gott & Duggan, 2003). Avaliar o desenho da investigação implica: definir as variáveis, identificar a variável dependente e as independentes, bem como as que devem ser controladas; caracterizar do tipo de variáveis; estabelecer a estrutura de controlo, pois que, uma vez

definidas a variável dependente e independente, há que decidir o que fazer com as outras variáveis relevantes; e, ainda, definir a forma como as amostras podem ser seleccionadas e as implicações que essa selecção tem nos resultados da investigação (Gott, Duggan & Roberts, 1999). Para estes autores, uma maneira de identificar, *a posteriori*, as variáveis relevantes não antecipadas, consiste na análise cuidadosa dos resultados. A não detecção de um padrão no resultado poderá ser devida ao facto de alguma variável relevante não ter sido controlada. Se essa variável for identificada e controlada, o padrão poderá emergir. Finalmente, os resultados de um dado estudo devem ser comparados com os de outros estudos para ver se, em conjunto, são mais convincentes do que os de um único estudo ou se, pelo contrário, são divergentes e, neste caso, se é possível, ou não, generalizar a partir dos resultados obtidos em alguns dos estudos. Contudo, segundo Phelan e Reynolds (1996), há que ter em conta que, nas generalizações, ao contrário do que acontece nas afirmações empíricas (que são de carácter particular), não há uma correspondência entre a afirmação generalizada e a respectiva observação. Se todas as instâncias de um grupo restrito são observadas, podem ser feitas afirmações de carácter geral para esse grupo restrito. Mas, quando é impossível estabelecer uma correspondência entre observação e afirmação, por não ser possível observar todos os casos, a generalização é obtida a partir de uma amostra e será apenas provável. Assim, nas generalizações, a evidência necessária é difícil de obter. Tem de ser feita uma inferência a partir de uma amostra que fornece a evidência considerada suficiente, sendo necessário referir o 'peso' da evidência e estar atento à interacção entre argumento e evidência. A construção de argumentos sólidos implica que seja analisado o peso da evidência pois esta, mesmo quando considerada suficiente, é incompleta e o seu 'peso' tem que ser analisado.

Pelo que foi dito, pode compreender-se que as ciências requerem cepticismo relativamente à evidência, porque só com uma atitude crítica é possível evitar enganar (Gott & Duggan, 2003). Segundo estes autores, é preciso ponderar se a evidência proporciona a resposta à questão colocada ou se a evidência proporciona a resposta a outra questão ou, ainda, se é impossível considerar que se dispõe de evidências de algo.

Dada a complexidade **do uso** da evidência, no que diz respeito à educação em ciências será de esperar que os alunos apresentem dificuldades na procura e no uso da evidência empírica. Para Gott e Duggan (1995), a evidência empírica está associada aos vários aspectos do conhecimento procedimental que consideram estruturado de acordo com os quatro níveis seguintes: o desenho da actividade (identificação de variáveis, teste de controlo, tipos de variáveis em causa etc.); a medição; a manipulação dos dados; e a avaliação da tarefa na sua globalidade. Em todos estes níveis existem

actividades que não são tarefas fáceis para os alunos. Na verdade, como foi referido no ponto 2.4.1, o relatório do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto “Labwork in Science Education” indicou que muitos estudantes parecem considerar que, na produção do conhecimento científico, as conclusões emergem directamente de uma análise lógica dos dados e desconhecer que as teorias e modelos disponíveis ajudam a modelar a forma como os cientistas avaliam e interpretam esses dados. Estes resultados poderão explicar as dificuldades que os alunos apresentam, quer na tarefa de selecção de dados quer na avaliação da relevância dos mesmos para a construção das conclusões, e podem estar associadas à recusa em aceitar que as explicações científicas não emergem directamente dos dados obtidos, mas antes requerem a análise e selecção dos dados que podem constituir evidência de algo.

Acontece, também, que a selecção dos dados que podem constituir evidência de algo implica o uso de teorias que fazem referência a entidades não observáveis e a conceitos abstractos (Ogborn *et al.*, 1997; Leach & Scott, 2002). Assim, na aprendizagem das ciências tal como no processo de construção do conhecimento científico, as teorias condicionam a evidência, ou seja, tal como não existe observação independente dos conhecimentos teóricos de quem observa, também, quando um dado ou um conjunto de dados empíricos parecem ser evidências de algo, essa suposição é influenciada pelas ideias prévias de quem as elabora. Por esta razão, os pontos de vista dos estudantes sobre o lugar da teoria na investigação empírica têm influência na forma como abordam a recolha de dados e a interpretação dos mesmos (Leach, 1998).

Os estudantes precisam de distinguir entre ideias que são suportadas por uma dada evidência e aquelas que o não são (Brickhouse *et al.*, 2000), pois, face à totalidade dos dados obtidos numa actividade laboratorial, podem ser seleccionados diferentes conjuntos de dados, correspondendo cada um deles a uma evidência que apoia uma das várias conclusões a que se pode chegar através da actividade em causa (Leite & Esteves, 2005). Além disso, o desenho da actividade e a selecção de dados também são influenciados pela teoria que está a ser usada. Leite e Figueiroa (2004a) ilustram a complexidade da inter-relação dados, evidências, teorias através do esquema apresentado na figura 8.

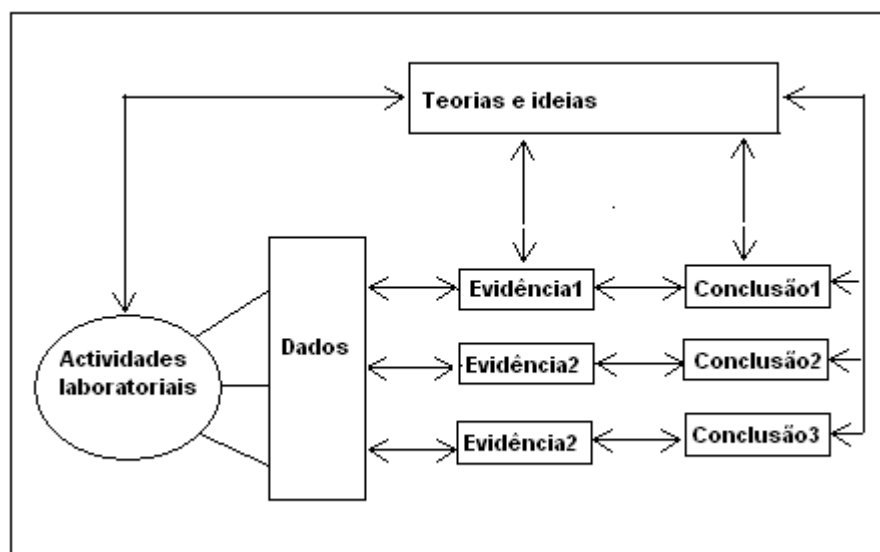


Figura 8 - A interrelação dados-evidências-teorias (Leite & Figueiroa, 2004a, p.188)

Nas actividades em que o aluno não conhece o resultado desejado e não dispõe de um protocolo laboratorial para seguir, surge mais uma dificuldade relacionada com a recolha e selecção dos dados que constituem evidências de algo desconhecido, dificuldade que não existe nos casos em que ele sabe à partida o que se pretende que seja suportado pelos dados. Se o aluno não sabe onde se pretende chegar não pode decidir quais os dados que precisa de recolher (Leite & Esteves, 2005), podendo acabar por seleccionar dados que constituem evidência de outra coisa que, de momento, não é relevante.

Por outro lado, quando um estudante aplica o seu conhecimento e as suas percepções do processo científico num novo problema, as soluções produzidas dependem da evidência empírica que recolhe (Gilbert, 1999) e, uma única evidência não é suficiente para suportar uma conclusão (Brickhouse *et al.*, 2000). Quando, além da evidência, existem razões baseadas em critérios lógicos, em autoridades competentes, em consistência com outras ideias defensáveis e/ou em ausência de ideias competitivas, o suporte da conclusão é mais forte (Brickhouse *et al.*, 2000). Se esta problemática não for devidamente considerada no ensino das ciências, pode acontecer que, como é referido no relatório do projecto *Labwork in Science Education*, apareçam comportamentos desapropriados durante a realização de actividades de laboratório, tais como a elaboração pelos estudantes de conclusões baseadas em evidência que não é conclusiva (Séré *et al.*, 2005)

Do que foi referido decorre que é necessário os estudantes distinguirem entre a compreensão do conteúdo de uma teoria e a compreensão do seu uso/aplicação. Esta última tem sido insuficientemente alcançada por estudantes de ciências que não distinguem adequadamente

entre hipótese, teoria e evidência (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000) e que, por este motivo, podem apresentar dificuldade na coordenação entre teoria e evidência. Este tipo de dificuldade foi constatada numa investigação realizada por Jiménez Aleixandre *et al.* (2000), com alunos espanhóis de catorze e quinze anos, e numa investigação realizada por Leach (1999 a), com alunos ingleses de idades compreendidas entre os nove e os dezasseis anos, embora nesta última tenha sido constatado que os mais velhos se mostraram, frequentemente, capazes de usar de modo sistemático e lógico para avaliar explicações. Neste estudo realizado por Leach (1999a) verificou-se que, quando avaliam as suas previsões, muitos estudantes que se referem à evidência disponível não a usam de modo sistemático, podendo contradizer argumentos prévios ou introduzir modificações nas explicações. Mas, o número de respostas em que as observações foram tratadas como evidência de um modo sistemático e em que as predições foram feitas de modo consistente com as explicações escolhidas aumentou com a idade, de modo significativo. Enquanto entre os alunos com nove anos, apenas 18% apresentaram uma forma consistente de tratar a evidência, entre os alunos com dezasseis anos essa percentagem aumentou para 49 %. Leach (1999a) considera que, embora uma possível explicação para a dificuldade de coordenar teoria e evidência seja a incapacidade para distinguir entre a teoria em uso e a evidência que a apoia ou contradiz, isso não significa necessariamente que aqueles que não respondem de forma lógica e racional às questões de coordenação de teoria e evidência sejam incapazes de distinguir uma da outra. Para o autor, pode tratar-se de dificuldades no desempenho. Na verdade, no referido estudo, os dados recolhidos durante a actividade, realizada em pares, mostraram que os estudantes que individualmente não tinham tratado a explicação e a evidência como entidades separadas, todos eles foram capazes de, em algumas ocasiões, tratarem as duas como entidades distintas.

Kuhn *et al.* (1988) fizeram referência a três habilidades chave necessárias para que alguém seja capaz de coordenar teoria e evidência: capacidade de pensar sobre uma teoria e não apenas de pensar com a teoria; capacidade de codificar e representar a evidência para ser avaliada como entidade distinta da representação da teoria; e capacidade de colocar de lado a sua aceitação ou rejeição da teoria. Todavia, a mais importante é a capacidade de pensar sobre uma teoria e não apenas de pensar com a teoria. Se uma pessoa usa as teorias apenas para interpretar e não está consciente da existência das mesmas não é capaz de as representar como objecto de conhecimento. Essa pessoa não tem consciência ou controlo sobre a forma como a teoria guia o seu pensamento e não concebe a possibilidade da teoria ser falsa nem a existência de teorias alternativas. No que respeita à capacidade de codificar e representar a evidência para ser avaliada

como entidade distinta da representação da teoria ela é fundamental pois, caso contrário, é considerada uma instância da teoria, que pode ser explicada pela teoria e ilustrá-la, de modo que a evidência e a teoria permanecem indevidamente indiferenciadas. Esta falta de diferenciação entre teoria e evidência pode manifestar-se quer quando a teoria em que o sujeito acredita e a evidência a ser avaliada são compatíveis quer quando são incompatíveis. Consequentemente, na interpretação do significado daquilo que é indicado pela evidência podem referir-se indistintamente à teoria ou à evidência, ou às duas misturadas numa representação única. A terceira habilidade manifesta-se quando a pessoa é capaz de, temporariamente, colocar de lado a sua aceitação ou rejeição da teoria para avaliar o que a evidência, por si só, significa para a teoria. Segundo Kuhn *et al.* (1988), as pessoas que possuem estas três capacidades já atingiram um considerável controlo do processo de interacção entre teoria e evidência e são capazes de optar por pôr de lado a crença nos seus pontos de vista teóricos prévios e de interpretar a evidência independentemente dos mesmos. Se escolherem regular o processo ajustando as interpretações da evidência em função das teorias prévias, saberão que ajustamentos estão a ser feitos e que a sua aplicação está sob controlo. Assim, a coordenação entre teoria e evidência implica ajustamentos recíprocos, pois a evidência deve servir como base para avaliar e, possivelmente, rever as teorias, mas estas têm também influência na direcção e desenho da investigação (Kuhn, 1993; Leach, 1999b). Isto é verdade para os cientistas e, também, para os estudantes (Kuhn, 1993) cujos pontos de vista sobre o lugar da teoria na investigação empírica têm influência na forma como abordam a recolha de dados e a interpretação dos mesmos (Leach, 1998).

Segundo Kuhn (1993), para que os estudantes desenvolvam a habilidade de coordenarem, de modo consciente e controlado, as suas teorias com as “novas” evidências que vão gerando precisam de pensar sobre o seu próprio pensamento. Este desenvolvimento das suas capacidades metacognitivas é o maior desafio que eles enfrentam, como foi constatado durante a observação de crianças que trabalhavam como cientistas amadores (Kuhn, 1993). Na verdade, a metacognição pode ser vista como um sistema de supervisão que controla e recebe *feedback* do processo de informação (Hollingworth & McLoughlin, 2005). Assim, a responsabilidade de aprendizagem é colocada naquele que aprende e que tem de fazer a ligação entre as noções prévias e a “nova” informação (Llewellyn, 2005). Esta tarefa envolve, quer o que o aprendiz sabe e compreende sobre a tarefa em mãos, quer as estratégias que usa para a completar, ou seja, a regulação metacognitiva. Esta regulação implica planeamento, organização, monitorização da tarefa, avaliação dos produtos e reflexão sobre aprendizagem e sobre o processo de resolução de problemas (Hollingworth &

McLoughlin, 2005). As estratégias metacognitivas podem ser implementadas providenciando tempo para os estudantes se envolverem na auto-reflexão e procederem a correções e revisões do seu trabalho, ou seja, procederem a uma autoavaliação e autoregulação da aprendizagem, através da definição de objectivos e da monitorização do seu progresso no sentido de os alcançar (Llewellyn, 2005).

Pelo que foi dito, compreende-se que Diaz de Bustamante (1999) considere a coordenação entre teoria e dados uma operação de nível cognitivo elevado. Compreende-se, também, que o processo de selecção de dados que constituem evidências de algo seja muito complexo porque, como foi referido, por um lado, o desenho de uma actividade laboratorial que permite obter evidências de algo requer o conhecimento de algumas ideias/teorias, e, por outro lado, as evidências encontradas vão conduzir a “novas” ideias integradas com as ideias/teorias prévias (Kunh, 1993; Millar, 1998), podendo ser mais ou menos consistentes com elas. A passagem da teoria para a experiência envolve um processo de predição enquanto que a passagem da experiência para a teoria se faz via explicação (Duveen, Scott & Solomon, 2002). Além disso, é preciso ter em conta que a evidência que pode ser recolhida e apresentada no laboratório escolar, contrariamente ao que uma perspectiva empirista ingénuo poderia fazer pensar, nunca é suficiente para estabelecer uma ideia (Millar, 1998). Assim, torna-se necessário que os professores sejam capazes de apoiar os alunos, seleccionando estratégias que facilitem a aprendizagem da interrelação dados/evidências/teorias/explicação.

Para alcançar o propósito de desenvolver nos alunos uma melhor compreensão da evidência empírica e do seu papel em ciências, é essencial que seja dado tempo para uma análise crítica e para a discussão da interpretação e do significado dos dados que os estudantes recolhem (Watson, 2000). Se, pelo contrário, for colocada mais ênfase em fazer do que em pensar, ou seja, se a ênfase for colocada numa adequada e cuidadosa colheita de dados, em vez de ser colocada na discussão, argumentação ou negociação de significado, a atenção será desviada das questões relativas ao significado dos dados, e não será ponderada a possibilidade de outras interpretações.

Duschl e Ellenbogen (2001) defendem a necessidade de promover uma abordagem centrada na evidência/explicação, que envolva os estudantes em debates e argumentos sobre a transformação dos dados em evidência, a transformação da evidência em modelos e padrões e, finalmente, a elaboração da explicação. Aqueles autores salientam a importância dos argumentos no processo de transformação e tomada de decisão, desde os dados até à explicação com base numa teoria, pois consideram que há que usar a argumentação para mostrar que os dados seleccionados

contam como evidência de algo, para construir modelos e padrões com base na evidência e para, posteriormente, os explicar através de uma teoria (figura 9).

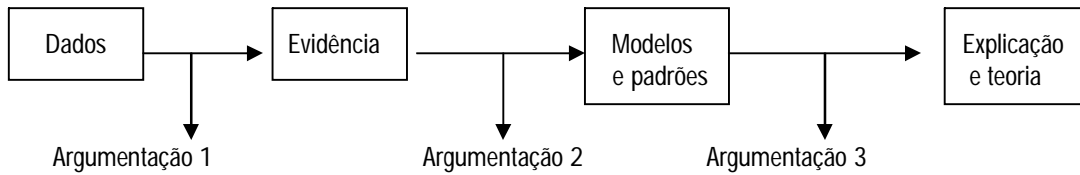


Figura 9 - Transformação de dados (adaptado de Duschl & Ellenbogen, 2001, p.14)

Embora a exigência das actividades laboratoriais dependa do seu grau de abertura, mesmo quando são realizadas apenas actividades que Leite (2002) considera de tipo ilustrativo, em que os alunos conhecem *a priori* o resultado a obter, os alunos têm de analisar a consistência das evidências recolhidas com a ideia que estão a tentar confirmar. Para que os professores possam proporcionar aos alunos o apoio requerido, é necessário que, eles próprios, sejam capazes de lidar de forma adequada com a análise da referida consistência, o que não tem sido constatado em alguns futuros professores (Leite & Esteves, 2005). Também seria desejável que os manuais escolares apresentassem actividades capazes de fomentarem o desenvolvimento de tal análise por parte dos alunos, mas, pelo contrário, têm-se constatado que apresentam, com frequência considerável, actividades incorrectamente estruturadas (Leite, 2002; Leite & Figueiroa, 2002; Leite, 2006).

Embora diversos autores defendam estratégias baseadas na discussão, durante os debates entre alunos não é fácil identificar se estes estão, ou não, a recorrer à utilização de evidências (Ball, 1999). Acresce que, segundo esta autora, a maior parte das vezes os alunos não têm consciência de que estão a usar evidências, o que torna difícil encontrar verbalizações do uso das mesmas. Uma vez que a simples recolha de dados não significa utilização de evidências (Leite & Figueiroa, 2002), mas que esta requer a ligação dos dados a um pensamento ou acto subsequente, se não ocorrer a verbalização é difícil perceber quais as evidências que os alunos estão a usar para tomarem as suas decisões e por que é que fazem aquilo que fazem (Ball, 1999). Na verdade, o principal aspecto da actividade de explicar é a coordenação entre padrões de dados e afirmações causais acerca do significado dos dados (Sandoval & Reiser, 2004) que têm um estatuto epistemológico diferente das afirmações causais deles derivadas. Todavia, os estudantes não fazem esta distinção, pois, como atrás foi referido, veem as explicações como estando embebidas nos dados e não como

interpretações fornecidas por esses dados (Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Sandoval & Reiser, 2004).

Tal como no uso das evidências, também no uso das teorias há dificuldades a sublinhar. Sendo uma teoria científica entendida, do ponto de vista da filosofia das ciências, como uma generalização ou conjunto de generalizações que pode fazer referência a entidades não observáveis (e.g. átomos, genes, quarks), dificilmente é encontrada nas manifestações dos alunos (Ball, 1999). Na verdade, como defende Millar (1998), as explicações procedem, quase sempre, de alguém que está familiarizado com os dados, mas não existe qualquer mecanismo que possa ser facilmente explicado, através do qual possa emergir uma explicação quando são reunidos bastantes dados válidos. O salto que corresponde a gerar uma explicação é sempre um acto criativo e imaginativo. Celebramos o génio dos grandes cientistas precisamente pela sua capacidade de gerar ideias explicativas (Millar, 1998). Na sua actividade os cientistas recorrem a um conhecimento estratégico em que as acções são sugeridas de acordo com o contexto de uma maneira que, não sendo infalível, aponta uma direcção mesmo quando não existe toda a informação necessária para a resolução de um problema (Disessa, 1987). Ao fazerem as suas escolhas e ao implementarem as estratégias escolhidas os cientistas fazem uso de um tipo de perícia que só é adquirida pela prática de fazer ciências (Hodson, 2002). Trata-se de combinar a compreensão conceptual, com elementos de criatividade, habilidade experimental e uma complexidade de aspectos afectivos que proporcionam determinação e empenhamento o que tem sido designado por conhecimento tácito ou intuição científica (Hodson, 2002).

Segundo Ogborn *et al.* (1996), o facto de nas explicações científicas ser necessário, frequentemente, invocar protagonistas que não fazem parte do conhecimento comum, requer que esses protagonistas sejam caracterizados com aquilo que fizeram ou podem fazer antes de que a "história" seja contada, ou seja, implicam a descrição prévia das entidades intervenientes na explicação que se pretende construir. Segundo aqueles autores, é enorme a variedade de entidades (objectos reais, abstractos ou formais) que fazem parte das explicações científicas e todas elas são parcelas de conhecimento que entram no discurso científico como "coisas" com as quais se pensa e sobre as quais se pode pensar. A distinção entre "com as quais" e "sobre as quais" é importante dado que muitas entidades começam por ser algo acerca do qual se pensa para passarem a ser algo com que se pensa (Ogborn *et al.*, 1996). Assim, a construção de entidades é também a construção de futuras explicações. Por isso, muito do trabalho de explicação das explicações

científicas nas aulas de ciências aparece como descrever e definir porque é necessário providenciar material para a posterior compreensão das explicações que se pretende que os alunos aprendam.

Contudo, para alguns autores (Horwood, 1988; Mortimer & Scott, 2003), é necessário distinguir entre descrever e explicar. Embora estes dois conceitos estejam relacionados, a diferença é importante para quem procura compreender o mundo (Horwood, 1988). Este autor aceita que a descrição seja considerada como pura informação na qual as parcelas podem ser isoladas de qualquer rede de relação, enquanto que na explicação devem existir conexões entre os fragmentos de informação. No entanto, o autor reconhece, não só, que o uso vulgar da explicação não requer a conexão da informação descritiva numa cadeia lógica de causalidade, mas, também, que uma forma menos vigorosa de explicação, com falhas lógicas, que não seja aceitável pelos cientistas, pode ter interesse para a actividade das pessoas comuns. Mortimer e Scott (2003) também distinguem entre descrição e explicação, salientando o papel dos modelos e teorias nas explicações. Enquanto que na descrição, a caracterização de um objecto, de um sistema ou de um fenómeno é feita em termos dos seus constituintes ou da disposição espaço-temporal desses constituintes, a explicação estabelece relações entre fenómenos físicos e conceitos envolvendo alguma espécie de modelo teórico ou mecanismo. Além disso, distinguem, também, entre descrição empírica e teórica, sendo que a primeira é feita em termos de entidades observáveis e a segunda recorre a entidades que não são observáveis directamente no fenómeno.

Gilbert, Boulter e Rutherford (1998) opõem-se ao ponto de vista de que, por não fazer afirmações de causalidade em relação ao fenómeno em estudo, a descrição não faz parte da explicação. Pelo contrário, consideram que a descrição deve ser incluída numa tipologia de explicações, pois a elaboração de uma explicação descritiva é facilitadora de outro tipo de explicações, sendo, frequentemente, um dos primeiros passos para a produção de uma série de explicações de tipo mais avançado. De facto, o processo de investigação em ciências implica que sejam colocadas questões acerca de fenómenos do mundo natural, e os tipos de explicações geradas pelos cientistas sobre fenómenos específicos são condicionadas pelas questões formuladas sobre esses mesmos fenómenos, de modo que as explicações são respostas a questões particulares e a avaliação de uma explicação está relacionada com o seu valor como resposta à questão colocada (Gilbert, Boulter & Rutherford 1998; Sandoval & Reiser, 2004). Assim, Gilbert, Boulter e Rutherford (1998) defendem que uma tipologia das explicações científicas pode ser deduzida das expectativas requeridas pelo tipo de questões colocadas e consideram cinco tipos de explicações: explicação de intenções que surge como resposta à questão de saber qual o propósito do estudo de

um dado aspecto da natureza, implica que seja realizada uma selecção das complexidades da natureza, desenhada uma espécie de fronteira limitando o fenómeno e apresentada uma justificação para a escolha do fenómeno como objecto de estudo; explicação de tipo descritivo que responde à questão de saber como se comporta o fenómeno, quer na Natureza quer depois sob o efeito da manipulação experimental; explicação causal, baseada em relações de causa efeito entre as entidades de que é composto o fenómeno, surge quando se coloca a questão de saber porque é que o fenómeno se comporta de certa maneira; explicação de tipo preditivo responde à questão de saber como se comportaria o fenómeno noutras condições, está relacionada com a dedução de um evento futuro e pode ser testada experimentalmente; e, finalmente, a explicação interpretativa relacionada com o uso de uma teoria para compreender um dado fenómeno.

Uma explicação apropriada deve sugerir e facilitar questões subsequentes e pode ser avaliada com base em quatro parâmetros de igual importância. O primeiro é a plausibilidade: a explicação está de acordo com aquilo que já é sabido e parece contribuir para problemas que possam surgir no futuro? O segundo é a parsimónia: quanto menos conceitos envolvidos na explicação melhor. O terceiro é a generabilidade: tanto melhor quanto maior o número de contextos em que possa ser aplicada. O quarto é a fecundidade: tanto melhor quanto maior o número de predições que a explicação suporta e, sobretudo, quanto maior a proporção destas que são confirmadas pela experiência.

Relativamente às explicações que nas escolas se fazem das explicações científicas (ou seja, ao ensino das explicações científicas) pode colocar-se a questão de saber se devem ser totalmente congruentes com as explicações aceites cientificamente ou se devem, sobretudo, constituir oportunidades para promover a habilidade dos estudantes para explicar. Quando um professor explica algo tem o propósito de promover a compreensão desse algo por parte de outra pessoa, o explicando, ou seja o aluno. Pode recorrer a modelos pedagógicos que são concebidos para facilitar a aprendizagem dos modelos consensuais, já testados e aceites por vários cientistas, para adequar estes últimos às necessidades dos explicandos (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998). Para que a explicação aprendida por um alunos seja aceitável, não necessita de apresentar o mesmo grau de rigor que a de um cientista quando este explica algo dentro do contexto de pesquisa. O professor pode omitir ou diminuir a exactidão da explicação que ensina em ordem a torná-la acessível aos explicandos e, por isso, o acto de explicar na sala de aula e na investigação científica deve ser julgado de modo diferente (Horwood, 1988). Contudo, se existirem inexactidões ou simplificações no acto de ensinar estas não devem ser tais que bloqueiem a futura aprendizagem de versões mais

rigorosas e/ou complexas. Uma afirmação explicativa deve abrir caminho à seguinte e não inibir o aprendiz de alcançar melhores explicações (Horwood, 1988).

No que diz respeito à prática da explicação, por parte dos alunos, Horwood (1988) considera que pode ter a função, muito negligenciada, de desenvolver a autonomia ao promover a procura autónoma de explicações. Todavia, o julgamento dos alunos sobre aquilo que consideram como explicação apropriada parece ser influenciado pelas percepções que, eles próprios, têm das expectativas do professor, e, acima de tudo, pelo seu conhecimento prévio que desempenha um papel importante neste processo (Gilbert, 1999). Como já foi referido, se as ideias prévias dos alunos não são concordantes com as ideias científicas aceites, pode ocorrer a rejeição de dados que não são concordantes com essas ideias prévias (Kuhn, 1993; Gilbert, 1999). Além disso, se a selecção de variáveis relevantes é efectuada pelo aluno, ela é influenciada, consciente ou inconscientemente, pelo seu conhecimento prévio, o qual pode ser incorrecto (Gott & Duggan, 2003). Quando isto acontece, como já foi referido no ponto 2.3.1., torna-se necessária a consciencialização dos alunos acerca das suas ideias prévias, através do confronto com dados discrepantes e do debate alunos/professor e/ou aluno/aluno, a fim de colocar em causa essas ideias prévias. Mas, para que ocorra a revisão das estruturas cognitivas num dado domínio, os alunos têm que encontrar razões para o fazer (Posner *et al.*, 1982; Gilbert, 1999). A evidência empírica pode ser um instrumento capaz de os levar a repensar as suas ideias prévias (Scanlon *et al.*, 2002).

Horwood (1988) considera que o currículo condiciona a forma como as explicações são abordadas o que tem consequência na aprendizagem não só das explicações científicas mas também no entendimento do processo de explicação. Assim, afirma existência três tipos de ênfase curricular relacionadas com a explicação que têm diversas consequências. Um currículo que valoriza o corpo de conhecimento aceite pela comunidade científica em que o professor explica as coisas aos estudantes usando afirmações aprovadas pela comunidade científica. Outro tipo de currículo em que o professor deve dar muita importância à actividade intelectual dos estudantes enquanto explicadores que devem tentar explicar as coisas tal como um investigador. Um terceiro tipo de currículo em que a mensagem a passar para os estudantes é de que as ciências são interacções entre evidências e teorias e empreendimentos que se autocorrigem. Neste último as explicações são olhadas como passíveis de mudança face a novas evidências, melhores argumentos, ou novos actos criativos (Horwood, 1988). Neste aspecto reside o interesse deste último tipo de currículo, pois ao perceberem que as ciências são uma interacção entre evidências e teorias, os alunos poderão

diminuir a sua dificuldade em lidar com as interrelações dados/evidência/teoria/explicação, uma vez que irão perceber que, para elaborar explicações, é necessário construir argumentos com base em evidências que se podem apoiar em dados e em teorias.

2.4.3. A integração do SATD nas actividades laboratoriais

Os sistemas de aquisição e tratamento de dados (SATD) são constituídos por um computador ligado a uma interface que faz a tradução de dados analógicos, fornecidos por sensores, em dados digitais, que são recebidos e processados por um computador, e que podem ser visualizados sob várias formas, designadamente em tabela e em gráfico.

Como foi referido no ponto 1.2.2, estes sistemas constituem um importante recurso na educação em ciências (Nakhleh, 1994). Na verdade, permitem a utilização simultânea de mais do que um sensor e, portanto, permitem recolher ao mesmo tempo dados de uma ou mais grandezas físicas. Permitem, ainda, a recolha de dados na ausência do utilizador, durante períodos mais ou menos longos, evitando o incómodo da repetição, em sucessivos intervalos de tempo, da realização de leituras exigida pelos instrumentos de medida tradicionais. O uso do SATD reduz o tempo global de registo, tratamento e análise de dados, pois enquanto os dados estão a ser produzidos e recolhidos através dos sensores, eles estão simultaneamente a ser tratados pelo computador, libertando o aluno de tarefas rotineiras de recolha de dados e poupando tempo no tratamento dos mesmos (Leite, 1999; Newton, 2000; Bernhard, 2003; Rogers 2005). Este tratamento, através do computador, que faculta a construção automática de gráficos e tabelas em simultâneo com a recolha dos dados, também torna possível a análise dos dados em simultâneo com o decorrer do acontecimento. Deste modo, qualquer intervenção na experiência em curso é, de imediato, visível no gráfico em construção ou tabela, ou seja, existe um *feedback* imediato. Para Beichner (1990), o aspecto mais importante da experiência de aprendizagem com auxílio do SATD não é a visualização simultânea do movimento e dos respectivos gráficos, designadamente dos gráficos cinemáticos, mas sim a possibilidade de existir um controlo imediato sobre o fenómeno físico enquanto ocorre a representação gráfica do mesmo. Se na visualização simultânea do movimento e do gráfico residisse a vantagem educacional de utilização do SATD, o uso de um movimento recriado através da animação computacional de imagens gravadas em vídeo em simultâneo com os respectivos gráficos seria suficiente para que fossem obtidos resultados significativamente melhores do que os obtidos no laboratório tradicional. Todavia, no estudo realizado por Beichner (1990), tal hipótese não foi

confirmada. De facto, e embora esses resultados tenham sido melhores do que os obtidos com o laboratório tradicional, a diferença não foi suficientemente grande para que tivesse significado estatístico (Beichner, 1990). Além disso, enquanto que a abordagem tradicional requer que os alunos lidem com números para construir o gráfico, antes de poderem fazer uma análise qualitativa, usando o SATD torna-se possível começar por uma análise da forma como o gráfico evolui e das tendências que decorrem das intervenções na experiência (Barton, 2004), ou seja, é proporcionada uma visão qualitativa dos dados sem que seja necessário trabalhar com grandes quantidades de valores numéricos (Rogers, 2005). Juuti, Lavonen e Meisalo (2003), com o objectivo de responderem à necessidade de elaborar um guia adequado para o uso do SATD, analisaram as ideias de um grupo de professores de Física e de Química sobre o uso deste equipamento, tendo constatado que alguns deles sugeriram que estudar, em primeiro lugar, causas e consequências, ao nível qualitativo, e passar, depois, para as medições quantitativas, parece ajudar os alunos a compreender o significado dos conceitos.

O uso do SATD permite, ainda, uma fácil alteração na forma de apresentação dos dados em tabelas ou em diferentes tipos de gráficos. Tendo em conta que na actividade dos cientistas são usados diferentes sistemas de símbolos, designados por modos de representação, e que é frequente a transformação dos dados entre esses diferentes sistemas de símbolos (Nakhleh, 1994), o uso desta tecnologia no laboratório pode constituir-se como uma ajuda para que o aluno estabeleça relações entre o fenómeno observado e as suas representações, que possam facilitar a interpretação do fenómeno, clarificando a relação entre a explicação teórica e o fenómeno físico. A relação é mediada pela representação gráfica, a qual está relacionada, por um lado, com a explicação teórica e, por outro lado, com o mundo físico, ou seja, com o fenómeno em estudo (Bisdikian & Psillos, 2002). Ao nível da teoria, a interpretação dos gráficos é necessária para representar relações entre variáveis. Ao nível dos fenómenos, a interpretação dos gráficos é necessária para representar a evolução do fenómeno físico. Bisdikian e Psillos (2002) consideram que quando o estudante apresenta argumentos ao nível da teoria e, ao mesmo tempo, ao nível dos fenómenos, é porque compreende o conhecimento científico e atribui ao gráfico o papel de ponte que faz a ligação entre a teoria e o mundo do fenómeno físico.

Segundo Rogers (2005), existem aspectos inerentes à utilização do SATD que, até mesmo quando se faz uma aula de tipo tradicional, podem fazer alterar a forma como o professor aborda as questões. Um destes aspectos tem a ver com o facto de o gráfico poder ser “o ponto de partida em vez do ponto de chegada da actividade” (Rogers, 2005, p. 29). Como o gráfico começa a ser

construído e visualizado logo no início da actividade, o professor pode promover uma reflexão sobre a forma e evolução do gráfico, cujo significado se pode tornar o centro da discussão na aula. Ao contrário, quando se usam instrumentos de medida tradicionais, a construção do gráfico só pode ser feita no final da actividade, após a recolha e organização dos dados em tabelas, o que não permite a discussão sobre a evolução do gráfico. Outro aspecto, referido por Rogers (2005), que pode fazer alterar a forma como o professor aborda as questões, diz respeito à forma como são organizadas as actividades. Dado que é possível recolher mais dados em menos tempo e se economiza tempo no tratamento dos dados, a ênfase pode deixar de ser colocada na recolha de dados para ser colocada na repetição da actividade e na comparação dos resultados. Além disso, a rapidez com que os dados são tratados facilita a implementação de actividades POE (Bernhard, 2003), pois, o tempo que seria destinado ao tratamento de dados nas actividades convencionais, pode, quando se utiliza o SATD, ser usado para a realização de previsões e para a explicação da alteração da forma de um gráfico que se vai observando no decorrer de uma actividade (Rogers, 2005). Acresce que a avaliação das previsões é facilitada pela possibilidade de observar o efeito da intervenção no fenómeno e, imediatamente, visualizar as consequências no gráfico. Assim, a interactividade com a experiência é facilitada e os alunos rapidamente aprendem a linguagem dos gráficos, ao tentarem interpretar o que as alterações provocadas dizem sobre o fenómeno em estudo (Rogers, 2005). Para Barton (2004), até as actividades realizadas em regime de demonstração podem ser enriquecidas se toda a turma for envolvida na discussão sobre o gráfico cuja construção visualizam, pois podem ser feitos comentários, sugestões e colocadas questões durante essa visualização. “Vendo os dados a ser apresentados tão rapidamente, os alunos são encorajados a perguntar ‘o que acontece se ...?’” (Barton, 2004, p. 30). Bem orientadas, as demonstrações são, por si só, uma efectiva ferramenta de aprendizagem e, em conjugação com o SATD, podem tornar-se ainda mais poderosas (Barton, 2004).

O uso do SATD também pode servir de suporte à realização de actividades investigativas, nas quais não só as capacidades de prever, analisar e interpretar têm um papel central mas também é necessário tempo para que, durante essa análise e interpretação, os alunos possam discutir (Newton, 2000). Para Rogers (2005), estes sistemas facilitam a abordagem investigativa, pois “reduzem as actividades de recolha e registo de dados que envolvem capacidades de baixo nível e, ao mesmo tempo, proporcionam um conjunto de métodos de análise que apoiam o pensamento de nível superior” (p. 18).

Desde há cerca de duas décadas que as propriedades do SATD têm vindo a ser associadas a alguns benefícios para a aprendizagem. Existem mesmo vários estudos que colocaram em evidência algumas das vantagens de sua utilização nomeadamente na aprendizagem da Física e da Química. Por serem relevantes para o presente trabalho, vão ser referidos alguns dos estudos ligados com a aprendizagem da Física e da Química, entre os quais os que incidem sobre o desenvolvimento, nos alunos, de capacidades de construção e interpretação de gráficos, de capacidades procedimentais (manipular variáveis, fazer previsões, analisar e interpretar resultados) e de compreensão de conceitos científicos. Na maioria desses estudos foram considerados grupos distintos, realizando a mesma actividade com tecnologias distintas (instrumentos tradicionais e SATD). No entanto, em alguns dos estudos todos os grupos usaram a mesma tecnologia (SATD) que foi integrada em diferentes tipos de actividades (ex: o grupo de experiência realizou actividades POE e o grupo de controlo não realizou; um grupo usou actividades de observação e outro realizou actividades de previsão e noutros foi usado apenas um grupo).

Os primeiros estudos envolvendo o SATD datam da segunda metade da década de 80, do século XX, e centram-se nas potencialidades do SATD para a promoção da interpretação de gráficos. Mokros e Tinker (1987) realizaram, nos EUA, uma investigação, que constou de dois estudos preliminares e um estudo longitudinal, com o objectivo de verificar se estudantes do 3º ciclo poderiam melhorar, através do uso do SATD, a sua capacidade de interpretar gráficos sobre movimentos. No estudo inicial foram entrevistados 25 alunos, do sétimo e oitavo ano, com o objectivo de proceder a uma análise prévia das suas dificuldades no que respeita a competências relacionadas com a construção e interpretação de gráficos. Na análise das gravações das entrevistas foram identificadas dificuldades dos alunos que se traduziam em erros como, por exemplo, a representação incorrecta da velocidade de uma bicicleta que subia ou descia uma encosta, na qual em vez de representarem a variação da velocidade desenharam o perfil da encosta, que correspondia à sua trajectória. Após este estudo inicial foi desenvolvida uma unidade de ensino, com duração de cinco aulas, em que os alunos de uma turma usaram o SATD e tiveram oportunidade de observar, em tempo real, gráficos do seu próprio movimento ou do movimento de um carro, e em que foram encorajados a fazer previsões acerca dos gráficos que iriam obter quando executados determinados movimentos. Foram feitas gravações das interacções verbais entre alunos durante o uso do equipamento e das suas verbalizações enquanto completavam as fichas de trabalho. Os alunos também foram submetidos a um questionário (tipo teste de conhecimentos) sobre gráficos de posição e de velocidade. A análise das gravações pôs em evidência uma sólida

compreensão dos gráficos de posição e de velocidade em função do tempo. Do mesmo modo, a análise dos questionários mostrou que, no final das cinco aulas de trabalho, as dificuldades conceptuais dos alunos tinham sido removidas e eles conseguiam distinguir a trajetória de um móvel da forma do gráfico que representa o seu movimento. Finalmente, foi realizado um estudo longitudinal, que durou três meses, com o objectivo de analisar a evolução dos alunos de sete turmas (três do oitavo ano e quatro do sétimo ano) nas capacidades relacionadas com gráficos. Todos os alunos envolvidos no estudo usaram um SATD. Os dados foram recolhidos por meio de um teste de escolha múltipla, aplicado como pré e pós-teste, e por meio de entrevistas feitas a 40 alunos, com a finalidade de analisar a capacidade dos mesmos para recolher dados, gerar hipóteses, analisar gráficos e elaborar conclusões adequadas. Os resultados revelaram uma diferença significativa, entre o pré e o pós-teste, nas capacidades dos alunos para interpretar gráficos. No entanto, na entrevista, constatou-se que uma parte dos alunos manteve dificuldades na análise dos gráficos. Um exemplo destas dificuldades foi revelado por uma das questões da entrevista que apresentava um gráfico com um recuo no tempo. Quando no final do estudo os alunos foram questionados sobre o que estava errado, apenas 23 dos 40 alunos entrevistados fizeram a identificação deste erro. Constatou-se, portanto, neste estudo alargado a um maior número de alunos, que as dificuldades conceptuais não foram profundamente removidas.

Brasell (1987) realizou um estudo com alunos do ensino secundário, de sete escolas de um meio rural no norte da Florida, num total de 93 alunos, cuja média de idades era de 17,7 anos. O estudo foi realizado com o objectivo de analisar os efeitos do uso do SATD (com gráficos em tempo real e com gráficos diferidos) na compreensão dos conceitos de distância e velocidade. Tratou-se de estudo de curta duração, que decorreu em apenas três aulas, nos quais foi incluída a aplicação de pré e pós-testes. Em cada turma os alunos foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos: um grupo que usou o SATD e que teve acesso a gráficos em tempo real, um grupo que usou o mesmo sistema mas só teve acesso a gráficos em diferido, outro grupo em que os alunos realizaram actividades de papel e lápis e, ainda, outro grupo em que os alunos não participaram em quaisquer actividades com gráficos, tendo apenas sido submetidos ao pré e ao pós-teste. No teste os alunos podiam seleccionar respostas alternativas cujos itens incluíam opções que correspondiam a erros relativos às convenções da representação gráfica e erros conceptuais (por exemplo: escolha de um gráfico de distância ou de um gráfico de velocidade crescente para um acontecimento de velocidade constante). Para os alunos que usaram SATD foi constatada uma redução nos erros, quando comparados com qualquer dos outros grupos. Essa redução foi significativa no caso dos gráficos de

posição, mas menos acentuada no caso dos gráficos de velocidade. Este facto, segundo os autores, seria de esperar pois o conceito de velocidade é conceptualmente mais difícil do que o conceito de distância. Por outro lado, verificou-se que o desempenho dos alunos que usaram gráficos diferidos não se apresentou significativamente superior ao dos grupos de controlo. Assim, parece que o atraso de um pequeno intervalo de tempo (2 a 3 seg.) na apresentação dos gráficos diferidos, eliminou o efeito obtido com o uso dos gráficos em tempo real. Para que tal não acontecesse seria necessário que alunos se recordassem do que tinha acontecido durante a experiência e fizessem a ligação com a apresentação diferida do gráfico. Os autores concluíram que a melhoria nos resultados alcançados pelos alunos que usaram o SATD está associada à utilização dos gráficos em tempo real.

Segundo Nachmias e Linn (1987), a educação em ciências devia ensinar os estudantes a avaliar criticamente a informação que lhes é apresentada de novo. Admitindo que aqueles que aceitavam o computador como uma autoridade poderiam pensar que qualquer informação apresentada seria válida, e que, pelo contrário, aqueles que desconfiavam dos computadores poderiam suspeitar de qualquer informação fornecida pelo mesmo, os autores decidiram realizar um estudo em que examinaram a forma como os estudantes avaliavam a informação apresentada por intermédio do SATD nos laboratórios de ciências. O estudo foi realizado no âmbito do projecto *The Computer as a Lab Partner* e envolveu oito turmas de uma escola na Califórnia, num total de 249 alunos, do oitavo ano. Os alunos trabalharam em pares durante um período de 18 semanas e realizaram 54 actividades relacionadas com os conceitos de temperatura, calor e energia, sendo envolvidos em procedimentos de mudanças de escalas nos eixos dos gráficos e na análise da validade dos gráficos. Para assegurar que os estudantes tinham os conhecimentos necessários para avaliar a informação apresentada no computador, estes foram submetidos a um pré-teste acerca dos seus conhecimentos sobre gráficos e sobre os conceitos científicos em questão. Para analisar a forma como os estudantes avaliavam a informação gerada pelo SATD, foi utilizado um teste de avaliação crítica de gráficos envolvendo questões centradas em aspectos que reduzem a validade ou rigor dos gráficos: escalas inconvenientes; sondas mal colocadas; calibrações deficientes; sensibilidade insuficiente; e divergências de resultados experimentais. Alguns alunos (14%) foram ainda entrevistados. A comparação dos resultados obtidos pelos alunos na situação anterior e na situação posterior à formação levou os autores a concluir que o SATD foi eficaz em termos de ajudar os alunos na identificação de gráficos inválidos e de sondas incorrectamente colocadas. No entanto, não foi eficaz na aprendizagem das funções da calibração e na interpretação de resultados divergentes.

Friedler e McFarlane (1997) fizeram um estudo, com alunos de idades 13/14 (quatro turmas de 9º ano) e de idades 15/16 (quatro turmas do 11º ano) pertencentes a duas escolas situadas em pequenas cidades de Inglaterra, com o objectivo analisar se os resultados de investigações efectuadas anteriormente, sobre o impacto do uso do SATD nas capacidades dos alunos relativas à construção, leitura e interpretação de gráficos podiam ser reproduzidas em ambiente de sala de aula de ciências. As actividades realizadas pelos alunos, tanto no 9º (isoladores) como no 11º ano (velocidade de uma reacção), faziam parte dos currícula em que os mesmos procedimentos práticos eram realizados sem recurso ao computador. Em cada ano foram formados dois grupos: o grupo experimental que usou o SATD durante um período de oito semanas em média uma vez por semana, e o grupo de controlo que utilizou equipamento tradicional. Ambos os grupos foram leccionados pelos seus professores habituais. Os estudantes foram submetidos a um pré e pós-teste e foi entrevistada uma amostra de cada grupo. Os questionários foram elaborados separadamente para os 9º e 11º anos, com a finalidade de avaliar capacidades relacionadas com gráficos e continham algumas questões relacionadas com capacidades investigativas. Os resultados finais foram analisados separadamente para os dois anos. O pré-teste mostrou que na situação inicial não existiam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de experiência e de controlo. Relativamente ao 9º ano, constatou-se que embora ambos os grupos tenham evoluído na construção de gráficos essa evolução foi mais acentuada no grupo experimental e a diferença entre os dois grupos foi estatisticamente significativa. O mesmo se verificou quanto à capacidade de prever curvas de aquecimento e arrefecimento e respectivas explicações, quanto ao conhecimento de conteúdos específicos relacionados com as investigações realizadas no projecto, e quanto às capacidades procedimentais requeridas para construir uma experiência controlada, designadamente identificação e manipulação de variáveis. No 11º ano, de um modo global não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. A única diferença com significado estatístico foi na capacidade para esboçar curvas de temperatura em função do tempo e na capacidade para fazer previsões a partir de uma descrição de acontecimentos apresentada em texto. As capacidades básicas de desenhar e interpretar que eram baixas, no pré-teste, para ambos os grupos, permaneceram baixas no pós-teste. A capacidade de manipulação de variáveis cujo nível geral era alto, no pré-teste, para ambos os grupos, apresentou uma pequena melhoria. Estes resultados poderiam sugerir que os estudantes do 11º ano não seriam tão sensíveis a potenciais melhorias oferecidas pelos sistemas de aquisição de dados, como os do 9º ano. Contudo, as actividades realizadas no 9º ano foram diferentes das actividades realizadas no 11º ano, sendo que estas

últimas implicaram uma relação mais abstrata entre as variáveis e os dados representados no gráfico. Este facto poderá, segundo os investigadores, ter impedido a ligação directa entre as variáveis e a sua representação gráfica.

McFarlane *et al.* (1995) realizaram um estudo, nos EUA, com quatro turmas de alunos do ensino primário (com sete e oito anos de idade), distribuídos por um grupo experimental que usou o SATD num contexto de realização de actividades laboratoriais de tipo investigativo, e por um grupo de controlo que realizou investigações mas recorrendo a um equipamento tradicional. Os alunos envolvidos no estudo não tinham estudado gráficos de linhas, embora tivessem alguma familiaridade com o desenho de gráficos de barras. Durante as actividades práticas, as crianças de ambos os grupos foram encorajadas a apresentar questões, fazer previsões, descrever essas previsões sob a forma de gráficos de linhas, em conteúdos relacionados com o fenómeno de aquecimento e arrefecimento e o efeito do uso de isoladores térmicos. Os dados foram recolhidos através de entrevistas realizadas a uma amostra de alunos das quatro turmas antes ($n = 49$) da realização das actividades e após ($n = 46$) a realização das actividades. O grupo de experiência e o grupo de controlo foram construídos com base nos resultados da avaliação do nível de desenvolvimento cognitivo e da capacidade de construir e analisar gráficos de modo a serem equivalentes quanto a estes aspectos e quanto ao sexo. Enquanto que os alunos do grupo de controlo mostraram uma pequena melhoria nas capacidades relacionadas com leitura, desenho e interpretação de gráficos, no grupo experimental essa melhoria foi mais acentuada e estatisticamente significativa. Além disso, enquanto os alunos do grupo de controlo não mostraram uma compreensão dos gráficos como representação da relação entre variáveis, os alunos que usaram o SATD consideraram os gráficos de linhas como sendo a representação de uma relação entre duas variáveis (temperatura e tempo) e não como representação de pares de coordenadas que identificam posições. Os autores consideram que, apesar do reduzido tamanho da amostra, os resultados da investigação sugerem que o uso do SATD pode ser uma maneira de facilitar o uso de um gráfico de linhas como um modelo da relação entre variáveis.

Os estudos até aqui referidos apontam para uma vantagem do SATD na interpretação de gráficos. Todavia, no que toca às capacidades de construção e também de interpretação de gráficos existem estudos cujas conclusões não são concordantes com as conclusões até agora referidas. Entre estes está o estudo realizado por Adams e Shrum (1990), com 20 alunos escolhidos entre voluntários de uma escola de ensino secundário de um meio rural do norte da Georgia, com o objectivo de investigar os efeitos do uso do SATD na habilidade dos estudantes para construir e

interpretarem gráficos. O grupo de experiência que usou SATD e o grupo de controlo que usou instrumentos tradicionais (cronómetros, termómetros, lápis e papel) foram constituídos, com base nos resultados da avaliação do nível de desenvolvimento cognitivo e da capacidade de construir e interpretar gráficos, de modo a serem equivalentes quanto a estes aspectos e também quanto ao sexo. No que diz respeito à construção de gráficos, os autores concluíram que o uso dos processos tradicionais, adoptados no grupo de controlo, que permite aos estudantes praticar a construção de gráficos, resulta num melhor desempenho dos alunos nas tarefas de construção de gráficos. No entanto, o oposto foi verificado para a interpretação de gráficos, tendo os alunos do grupo experimental melhorado mais do que os do grupo de controlo. Contudo, esta diferença não foi estatisticamente significativa pelo que, apesar de esta diferença ter significado do ponto de vista educacional, não se pode dizer que o desempenho do grupo experimental, que usou STAD, seja melhor do que o grupo de controlo que realizou as mesmas actividades utilizando instrumentos de medida tradicionais.

Mais recentemente, Barton (2004) fez um estudo com alunos de 13 e 15 anos (oitavo e décimo ano) em que comparou um grupo de alunos que usaram gráficos construídos manualmente com um grupo de alunos que usaram gráficos gerados pelo computador. O autor constatou que a construção manual dos gráficos se torna problemática e constitui uma sobrecarga para os alunos que o autor considera improdutivo, pelo facto de obrigar os alunos a identificar a linha que melhor se ajusta aos dados obtidos antes de interpretarem o significado do gráfico e, conseqüentemente, a escolha da linha tender a ser incorrecta. Além disso, constatou que os alunos demoram três ou quatro vezes mais tempo a produzir os gráficos manualmente. Acresce ainda que o autor constatou que a forma como os alunos abordaram a interpretação dos gráficos foi diferente: aqueles que fizeram a construção manual colocaram mais ênfase nos dados individualmente considerados do que na natureza da relação entre as variáveis; os que usaram o SATD colocaram mais ênfase na análise da forma global do gráfico, o que se manifestou através de comentários, por exemplo, sobre a forma do gráfico. Todavia, segundo o autor, no que diz respeito à habilidade dos alunos para a interpretação de gráficos, não foram constatadas diferenças entre os grupos. A este respeito, Brasell (1987) comentou que, tendo em conta a importância da capacidade de construção de gráficos, seria necessário que os alunos já tivessem atingido um certo nível de eficiência na construção de gráficos antes de começarem a usar o SATD.

Apesar dos resultados apresentados por Adams e Shrum (1990) e por Barton (2004), pode dizer-se que as investigações que têm vindo a ser realizadas apontam para um contributo dos SATD

para o desenvolvimento da capacidade de análise e interpretação de gráficos e, conseqüentemente, para a compreensão de conceitos, quer por alunos do 3º ciclo quer por aludo secundário.

No que diz respeito à possibilidade de o uso do SATD facilitar o desenvolvimento das capacidades de manipular variáveis, fazer previsões, analisar e interpretar resultados, e compreender conceitos científicos, também vão ser referidos alguns estudos realizados no âmbito da física e da Química.

Friedler, Nachmias e Linn (1990) realizaram um estudo em que o SATD foi integrado num currículo desenhado para promover as capacidades para raciocinar cientificamente. O estudo envolveu quatro turmas do oitavo ano, leccionadas pelo mesmo professor. As turmas foram atribuídas aleatoriamente a dois grupos (experiência 1 e experiência2), os quais não apresentaram diferenças significativas na situação inicial. Durante o ensino, em duas turmas foi colocada ênfase em actividades de observação e nas outras duas em actividades de previsão. Posteriormente foi comparado o grupo experiência1 (observação) com o grupo experiência2 (previsão). Ambos os grupos de experiência realizaram actividades constituídas por três partes. Na primeira parte os autores introduziram, em ambos os grupos, os conceitos de observação e previsão e o seu papel na resolução de problemas; na segunda parte desenvolveram, através de jogos de computador, a capacidade de controlar variáveis; na terceira desenvolveram capacidades investigativas num ambiente que incluiu o SATD. No final os alunos foram submetidos à realização de vários tipos de testes. Depois de ambos terem realizado actividades constituídas por três partes, os investigadores procederam à comparação do grupo das duas turmas, em que foi colocada ênfase na observação, com o grupo das duas turmas em que foi colocada ênfase na previsão. Para tal os alunos deviam fazer previsões, justificá-las, planear uma actividade experimental para testar essas previsões e executá-la de acordo com o plano elaborado. O número de detalhes relevantes nas previsões e a capacidade de justificar as mesmas constituiu o critério para uma boa previsão. Por fim, os alunos realizaram outro teste que foi desenhado para avaliar a influência de variáveis no processo de aquecimento e arrefecimento e que implicou a elaboração de previsões e a execução de actividades experimentais. No que respeita à capacidade para efectuar um controlo de variáveis, ambos os grupos (observação e previsão) obtiveram resultados idênticos quer no jogo computacional quer na actividade investigativa sobre a piscina e, portanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. A habilidade para planear uma experiência foi avaliada pelo número de detalhes importantes que os estudantes incluíram no desenho da actividade experimental, e relativamente a esta habilidade também não foram encontradas

diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos. Quer no ambiente computacional quer no teste final com actividades experimentais, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na justificação das previsões dos alunos. Na verdade, no jogo de computador, justificaram as suas previsões com as experiências feitas anteriormente 76% dos alunos do grupo de previsão e apenas 40% dos alunos do grupo de observação; nas actividades experimentais, essa justificação foi feita por cerca de 57% dos estudantes do grupo de previsão e por 36 % no grupo de observação. No teste computacional também foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos no número de previsões apropriadas que apresentaram (72 % no grupo de previsão e apenas 34 % no grupo de observação). O grupo constituído pelas turmas em que a ênfase tinha sido colocada na actividade de previsão estava habituado a apresentar previsões com detalhes sobre os resultados e nas suas respostas incluíram detalhes sobre o tempo, volume e temperatura. Estes resultados mostram que a capacidade de fazer previsões devidamente justificadas pode ser ensinada, o que é importante porque revela a uma maior integração do conhecimento, integração essa que pode contribuir para um maior sucesso na resolução de problemas e na compreensão de um dado assunto.

Linn e Songer (1991) desenvolveram um estudo, nos EUA, com a finalidade de encontrar os objectivos adequados para o ensino da termodinâmica. Durante o estudo implementaram sucessivas modificações no currículo do oitavo ano, que dedicava 13 semanas ao estudo da termodinâmica, prolongando a instrução por 20 semanas. Em cada uma das sucessivas versões do currículo, participaram quatro turmas (mais de uma centena de alunos) do estado da Califórnia. Os alunos trabalharam em pares utilizando um SATD e foram mantidas as experiências básicas previstas no currículo. No decorrer das sucessivas versões foram introduzidas alterações na metodologia de trabalho proposta aos alunos. Na primeira versão do currículo, foi promovida a discussão em sala de aula com ênfase no modelo da teoria cinética e promovida a realização de relatórios. Na segunda versão, com base na ideia de que os estudantes beneficiam de uma representação múltipla dos conceitos, foi adicionado um modelo qualitativo do fluxo de calor e foi mantida a discussão e realização de relatórios. Os resultados idênticos para as duas versões, mostraram que os alunos que usaram o SATD melhoraram a sua compreensão do papel das variáveis que intervêm no aquecimento e arrefecimento, mas não melhoraram significativamente a sua capacidade de distinguir entre calor e temperatura, e não desenvolveram a compreensão integrada dos conceitos de energia térmica e temperatura. Seguiram-se duas versões em que se procurou um envolvimento mais activo dos estudante promovendo-se o uso da observação e/ou previsão por parte dos alunos.

Em vez de ser colocada ênfase na teoria cinética, considerado demasiado abstracto e difícil para os alunos, foram considerados outros modelos explicativos incluindo o modelo qualitativo baseado nos princípios do fluxo de calor. Numa das versões, promoveu-se o uso da observação para que os alunos, que se tinham centrado apenas na situação inicial e final do gráfico, passassem a acompanhar a evolução do gráfico; noutra versão, promoveu-se o uso da previsão tendo sido usados gráficos em branco para os alunos preverem resultados. Nestas duas versões os resultados mostraram que os alunos compreenderam melhor o papel das variáveis que intervêm no aquecimento e arrefecimento do que na versão anteriormente referida e, além disso, melhoraram a capacidade de distinguir entre energia térmica e temperatura. A ênfase na observação e na previsão parece ter contribuído significativamente para aumentar a capacidade de compreensão integrada dos conceitos de energia térmica e temperatura, mas a ênfase colocada na previsão mostrou ser significativamente mais efectiva para essa compreensão integrada. Numa última versão, procurou-se encorajar a compreensão integrada e, também, a auto-monitorização, combinando a ênfase na observação e na previsão. Nesta versão foram colocadas questões sobre fenómenos que ocorrem de modo natural em situações sucessivamente mais complexas. Os estudantes mostraram mais sucesso na distinção entre calor e temperatura, embora os resultados não tenham sido significativamente diferentes dos obtidos com a versão em que foi utilizado apenas o recurso à previsão. Revelaram ainda uma razoável compreensão integrada dos conceitos, o que mostrou os benefícios que podem resultar da referida combinação. Este resultado não surpreende se for tido em conta que, segundo Friedler, Nachimias e Linn (1990), ao contrário da observação, a previsão ajuda a integrar novas informações e ideias com as pré-existentes e, deste modo, contribui para o sucesso na resolução do problema ou na compreensão de um dado assunto.

As duas investigações que acabam de ser referidas e cujos resultados evidenciam melhoria na compreensão dos conceitos, estão associados à integração do SATD em actividades laboratoriais que enfatizaram a observação e/ou previsão. Contudo, Friedler, Nachmias e Linn (1990) defendem que a observação incide sobre objectos concretos enquanto a previsão envolve operações verbais e abstractas. A primeira ajuda os estudantes a notar todas as variáveis incluídas no campo do problema, mas não é suficiente para a resolução do problema. Para conseguir esta última o estudante precisa de integrar novas informações e ideias com as pré-existentes.

Nakhleh e Krajcik (1993) realizaram uma investigação que envolveu 14 estudantes do 11º ano de uma escola secundária de uma zona suburbana da costa este dos E.U.A. Nesta investigação foi feita uma comparação entre alunos que utilizaram o SATD e outros que usaram ferramentas mais

tradicionais, designadamente o medidor de pH e um indicador de ácido-base, em actividades laboratoriais sobre titulação ácido-base. Assim, foram disponibilizados aos diversos grupos três tecnologias que fornecem níveis diferentes de informação: um indicador químico que disponibiliza menos informação, um medidor de pH considerado um nível intermédio de informação, e, um sistema de aquisição de dados em tempo real que disponibiliza maior grau de informação. Os alunos trabalharam individualmente durante a execução de uma série de três titulações e foram incentivados a pensar em voz alta durante a realização das actividades. Pretendia-se averiguar se os diferentes níveis de informação tinham influência nos comentários verbais e nas acções dos alunos, e, também, nas explicações por eles apresentadas no final da titulação.

Os autores analisaram o pensamento em voz alta dos alunos dos três grupos, durante as sucessivas titulações e constataram que, enquanto os alunos que usaram o SATD focaram a sua atenção, desde o início das titulações, exclusivamente na emergência do gráfico; os alunos que usaram o indicador distribuíram a sua atenção por diferentes aspectos tais como: o aparecimento de bolhas, a cor, as características do líquido e só na última titulação se centraram na cor. De modo idêntico, os alunos que usaram o medidor do pH distribuíram a atenção por vários aspectos, acabando por se centrar na posição do ponteiro do medidor e no valor do pH.

A previsão de que os alunos que tiveram acesso a um nível mais alto de informação iriam buscar na sua memória os conceitos para os relacionarem com as suas explicações, foi confirmada para ao grupo que usou o SATD, mas não para o grupo que usou o medidor, pois, relativamente a este aspecto, o grupo que utilizou o indicador ficou em segundo lugar. No entanto, este resultado que contraria parcialmente a previsão inicialmente efectuada poderá decorrer do facto de os alunos que usaram o medidor de pH terem estado mais ocupados com sucessivas medições, o que não aconteceu com o grupo que usou o indicador.

Os resultados obtidos apoiaram a ideia de que o acesso a mais informação iria reflectir-se em mais pensamento analítico. De facto, embora os alunos que utilizaram o SATD tenham apresentado menor número de verbalizações de carácter conceptual/analítico, estas foram mais significativas pois incluíram mais especulações relativamente às suas observações, mais comparações com as titulações prévias, mais previsões, confirmando que estes alunos apresentavam um processo de maior pensamento analítico e desenvolveram, mais do que os outros grupos, uma compreensão correcta dos conceitos de ácido-base e pH.

Peixoto (1996) fez um estudo que envolveu futuros professores do Ensino Básico (que frequentavam o último ano do seu curso numa escola Superior de Educação nos anos lectivos

1993/1994 e 1994/1995) e que teve como finalidade utilizar o SATD para desenvolver as concepções iniciais dos formandos sobre os conceitos de calor, temperatura e entropia, identificadas pela aplicação de um questionário aplicado como pré-teste. Durante a formação, os formandos realizaram um conjunto de nove actividades laboratoriais centradas nestes assuntos, em que o SATD foi usado para recolha e tratamento de dados. Após a acção, os formandos foram novamente submetidos ao questionário sobre os conceitos em causa, tendo estes resultados sido comparados com os obtidos na primeira aplicação antes da formação. Através de outro questionário foi recolhida a opinião dos formandos sobre o uso de equipamento. A investigadora concluiu que o uso do SATD teve um impacto positivo na aprendizagem dos conceitos de calor, temperatura e entropia, despertando nos formandos uma atitude de envolvimento crítico face aos resultados obtidos. No entanto, o conceito de entropia mostrou-se de difícil aprendizagem, tendo-se constatado que as actividades realizadas não foram suficientes para modificar as concepções dos formandos. Os formandos reconheceram vantagens de utilização do SATD, designadamente por permitir ao aluno uma maior discussão dos fenómenos e um maior confronto de ideias, apresentando-se como um substituto eficaz de instrumentos de medida tradicionais.

Bernhard (2003) realizou um estudo envolvendo alunos de uma universidade sueca, com o objectivo de averiguar se os bons efeitos de aprendizagem com o SATD são devidos a propriedades intrínsecas do mesmo ou se a forma como é implementada a sua utilização tem um papel crucial. Neste estudo foram considerados três grupos que usaram o SATD integrado em actividades laboratoriais com estruturas diferentes. Um dos grupos, constituído por dois subgrupos leccionados por professores diferentes, usou o SATD como ferramenta tecnológica e como ferramenta cognitiva, ou seja, integrado em actividades de tipo POE, que dão ênfase aos conceitos e às relações entre diferentes conceitos; outro grupo, constituído por professores em formação foi leccionado por um único professor e usou o SATD como ferramenta tecnológica, ou seja, em actividades baseadas em instruções escritas, fornecidas aos alunos, e que solicitavam a verificação de fórmulas; o terceiro, também leccionado por um único professor, usou o SATD, unicamente como ferramenta tecnológica, durante uma parte das actividades, mas também como ferramenta cognitiva noutra parte das actividades. O estudo mostrou que, quando o SATD foi usado como ferramenta cognitiva, os resultados foram melhores do que quando foi usado como ferramenta tecnológica. Os investigadores entenderam que esta diferença não deveria ser atribuída ao facto do professor ser diferente, pois, no primeiro grupo os dois subgrupos leccionados por professores diferentes tinham obtido resultados idênticos.

Apesar de terem sido referidas algumas situações em que os alunos que usaram o SATD não apresentaram melhor desempenho do que aqueles que usaram instrumentos tradicionais, pode dizer-se que as investigações realizadas sugerem vários contributos do uso de sistemas de aquisição de dados para a compreensão de gráficos, o desenvolvimento das capacidades procedimentais, a qualidade dos comentários em voz alta e a aprendizagem dos conceitos científicos por parte dos mesmos. Todavia, no âmbito das investigações referidas, grande parte das actividades laboratoriais realizadas com o SATD decorreram num ambiente em que os alunos realizaram actividades em que foram encorajados a fazer previsões e a testá-las com os dados por eles obtidos.

Bernhard (2003) refere que os sistemas de aquisição e tratamento computadorizado de dados chegaram a ser considerados como a única forma de usar computadores no ensino da Física com efeito positivo comprovado. Nos anos noventa, no Reino Unido, passou a ser obrigatório o uso do SATD. Todavia, Newton (2000) defendeu que o uso do SATD não tinha que ser necessariamente aumentado mas que era necessário, isso sim, usá-lo de forma a promover mais actividade interpretativa por parte dos alunos, de modo a tirar partido das suas potencialidades educativas. Na verdade, o acesso fácil a ecrãs do computador que disponibilizam os dados recolhidos por outros estudantes, pode proporcionar oportunidades para a interacção entre alunos que, já no início dos anos noventa, foram apontadas, por Linn e Songer (1991), como cruciais para promover maior actividade interpretativa por parte dos alunos. Contudo, os benefícios do uso do SATD não são garantidos pela sua simples utilização. Para Rogers (2005), o sucesso que pode ser alcançado depende da capacidade do professor para desenhar uma tarefa com objectivos claros e da sua disponibilidade para ajudar os estudantes a usar essa ferramenta de modo produtivo. O professor tem um papel vital na conversão das potencialidades deste tipo de sistemas em benefícios educativos reais. No entanto, alguns autores (Leite, 1999; Rogers, 2005) consideram o sucesso nesta tarefa será mais provável se o professor optar por actividades com elevado grau de abertura, que exijam que os alunos planifiquem actividades, façam previsões, analisem resultados, reflitam sobre o procedimento laboratorial e, simultaneamente, desenvolvam competências argumentativas. Por isso, tal como sugere uma das questões de investigação colocadas no ponto 1.3, pretende-se averiguar se será necessário que o SATD seja integrado em actividades com elevado grau de abertura para que o desenvolvimento de competências argumentativas dos alunos seja promovido ou se a integração do SATD em actividades rigidamente orientadas também pode conduzir aos mesmos resultados. Tendo em conta o que acaba de ser referido e, também, a importância das competências argumentativas dos alunos na educação em ciências (já abordada no ponto 2.3.5)

serão seguidamente abordadas as questões da importância da argumentação na aprendizagem das ciências e da análise e avaliação das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos em sala de aula.

2.5. A argumentação no ensino e na aprendizagem das ciências

Neste subcapítulo será abordado o papel da linguagem e das práticas argumentativas dos alunos na construção social do conhecimento científico escolar (2.5.1), para, de seguida, se descreverem alguns estudos que se debruçam sobre a análise da argumentação e das interacções verbais em sala de aula (2.5.2).

2.5.1. O papel da linguagem e das práticas argumentativas dos alunos na construção social do conhecimento científico escolar

Os ambientes de aprendizagem adequados para promover a argumentação podem ser caracterizados como ambientes de aprendizagem de tipo construtivista centrada no controlo da aprendizagem pelos próprios estudantes que actuam como produtores de conhecimento em vez de agirem como consumidores do conhecimento que lhes é apresentado por outrem (Jiménez & Erduran, 2007). A adopção de um ponto de vista construtivista acerca da aprendizagem implica a aceitação de um processo individual de construção e reconstrução do conhecimento que tem como ponto de partida o conhecimento prévio que os estudantes trazem para as situações de aprendizagem formal. Assim, os aspectos fulcrais de uma perspectiva construtivista são ao papel activo daquele que aprende e a interrelação entre o conhecimento pré-existente e o “novo” conhecimento, pois, o conhecimento é construído, na mente daquele que aprende, através de ligações que o seu cérebro estabelece entre o “novo” conhecimento a aprender e o conhecimento prévio activado pelo aprendente (Llewellyn, 2005). Na aprendizagem das ciências, esta reestruturação poderá ter que ser realizada contra o pensamento que o aluno adopta no dia a dia sobre os fenómenos em estudo, visto que com a aprendizagem das ciências se pretende que o aluno compreenda e seja capaz de usar as ferramentas conceptuais aceites pela comunidade científica (Leach & Scott, 2000). Contudo, o acto de estabelecer ligações entre as “novas” ideias e as ideias pré-existentes e, também, a reestruturação das ligações já existentes requerem tempo para reflexão (Gunstone & Champagne, 1990). Assim, o planeamento do ensino deve ser efectuado de

modo a dar aos estudantes oportunidades para se envolverem na construção do seu conhecimento e encararem a aprendizagem como um processo de mudança e/ou evolução conceptual (que passará a ser referido simplesmente como mudança conceptual) em que aquele que aprende está empenhado em dar sentido ao ponto de vista científico e em integrá-lo com os seus conhecimentos prévios.

Todavia, têm sido atribuídos diferentes significados à designação mudança conceptual (Duit & Treagust, 2004), e a existência destes vários sentidos deu origem a que o termo mudança tenha sido incorrectamente compreendido, sendo-lhe atribuído um significado de mera troca entre as concepções prévias dos alunos e as cientificamente aceites (Duit & Treagust, 2004). Estes autores referem dois tipos de mudança conceptual que surgem nas análises mais frequentes: aquela em que a reestruturação conceptual é fraca, também designada por assimilação ou captura conceptual, e aquela em que a reestruturação é forte também designada por acomodação ou mudança conceptual. Para Duit e Treagust (2004), em qualquer dos casos a mudança conceptual implica que as estruturas conceptuais dos estudantes têm de ser reestruturadas para lhes permitirem caminhar desde as concepções prévias até aos conceitos cientificamente aceites. É nesta acepção que a designação mudança conceptual passará a ser usada neste trabalho. Para que ocorra a mudança conceptual é necessário, em primeiro lugar, que o aluno sinta insatisfação com o seu conhecimento, e depois que a “nova” concepção se torne inteligível, plausível e potencialmente frutífera (Posner *et al.*, 1982; Gunstone, 1995; Leach & Scott, 2000). Só assim será resolvido o conflito entre a velha e a “nova” concepção (Hashweh, 1986) e será acomodado o novo conhecimento na estrutura cognitiva do aluno.

Contudo, existem condicionamentos, não só internos mas também externos, que contribuem para configurar o processo de mudança conceptual, ou seja, além das limitações da capacidade de processamento da mente humana, existem os condicionamentos do meio físico e social que se manifestam, designadamente através da linguagem, e que são importantes para a compreensão do processo de mudança conceptual (Driver, 1995). Por isso, tem-se assistido a um debate entre aqueles que atribuem uma maior importância ao processo de estruturação cognitiva individual e aqueles que destacam os efeitos socioculturais da aprendizagem (Fosnot, 1999). A perspectiva frequentemente designada por construtivismo cognitivo (Fosnot, 1999) diz pouco sobre os aspectos sociais dos ambientes de aprendizagem, tais como as interações entre estudantes ou entre professor e estudantes, e sobre a influência destas na aprendizagem (Bliss, 2002). Mas, não podemos compreender a estrutura cognitiva de um indivíduo sem o observar a interagir no seio de

uma cultura (Fosnot, 1999). Numa análise da aprendizagem, a questão importante que tem de ser colocada não é se deve ser dada prioridade ao sujeito cognitivo ou à cultura, mas sim aquilo em que consiste a interacção entre eles (Fosnot, 1999).

Assim, desde há algum tempo tem vindo a desenvolver-se e a ganhar aceitação uma perspectiva segundo a qual a aprendizagem de um corpo formal de conhecimento, tal como o conhecimento científico, tem inevitavelmente lugar num contexto social, tal como a escola, o qual tem grande influência na aprendizagem (Scott, 1998; Leach & Scott, 2000). Esta perspectiva designada por construtivismo social (Fosnot, 1999; Leach & Scott, 2000) combina a ideia de que os estudantes são agentes da sua própria aprendizagem com a ideia de que é, também, importante o contexto em que a aprendizagem tem lugar, defendendo que a inter-acção com os outros desempenha um papel importante na aprendizagem. Aceita, portanto, que o conhecimento é socialmente construído (Llewellyn, 2005) e que o ensino deve, por isso, ser organizado de modo a contemplar situações planificadas que forneçam contextos sociais capazes de promover a mudança conceptual e a evolução do conhecimento prévio no sentido da aproximação ao conhecimento reconhecido pela comunidade científica.

A preocupação de criar os referidos contextos sociais apoia-se no ponto de vista apresentado por Vygotski na primeira metade do séc. XX. Na verdade, segundo este autor, qualquer função no desenvolvimento da criança “aparece duas vezes: primeiro, no nível social, e mais tarde, no nível individual; primeiro entre as pessoas (interpsicologicamente), e depois dentro da criança (intrapicologicamente)” (Vygotski, 1978, p. 57). Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal e esta transformação pode ser um processo lento resultado de um prolongado desenvolvimento interno. Para Vygotski (1978), existe uma interrelação, que é complexa, entre o processo de desenvolvimento interno e o processo de aprendizagem, pois nem esse desenvolvimento é condição prévia da aprendizagem, nem o processo de desenvolvimento coincide com o processo de aprendizagem. Além disso, essa interrelação depende de cada tema escolar específico. No desenvolvimento interno da criança, Vygotski (1978) atribui um papel importante à interacção com um par mais capaz ou com o professor e introduz o conceito de zona próxima de desenvolvimento a qual tem a ver com “a distância entre o nível actual de desenvolvimento determinado pela resolução de problemas de um modo independente e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de problemas sob a orientação de um adulto ou de um par mais capaz” (Vygotski, 1978, p. 86). Este conceito de zona próxima de desenvolvimento fornece aos psicólogos e educadores uma ferramenta através da qual o processo interno de desenvolvimento

pode ser compreendido, pois “através do seu uso podemos tomar conhecimento não só dos ciclos e processos de maturação que já foram completados mas também daqueles que estão em estado de formação” (Vygotski, 1978, p. 87). Se o aluno receber apoio do professor ou de um par mais capaz que trabalhe com ele a um nível próximo do seu estado actual de desenvolvimento, pode obter-se como resultado a realização de actividades que aluno não é capaz de realizar por si só. Assim, os conteúdos conceptuais e procedimentais, que o aluno sozinho não teria condições para aprender, quando discutidos em interacção com os pares e o professor, podem tornar-se parte da rede conceptual de referência do aluno.

Hodson e Hodson (1998), situando-se no ponto de vista social-construtivista, consideram que quando os aprendizes planificam, actuam, interpretam, relatam e reflectem em conjunto com outros, usam a linguagem como um meio de co-construção do conhecimento. Para Newton, Driver e Osborne (1999), em situações de trabalho em grupo, o conhecimento é de certo modo co-construído, a interacção dentro do grupo torna possível a emergência de uma compreensão que, no seu todo, é mais do que as contribuições individuais. Todavia, se por um lado a linguagem é um meio de interagir que contribui para a co-construção do conhecimento, por outro lado, para o desenvolvimento da própria linguagem também é necessária a interacção com os outros. Os alunos precisam de vocabulário para serem capazes de comunicar entre si e com o professor e o encorajamento da discussão ajuda a desenvolver esse vocabulário (Fairbrother, 2000). Assim sendo, o trabalho em grupo, adequadamente organizado, é particularmente útil para desenvolver ferramentas de comunicação e reflexão (Fairbrother, 2000). As raízes deste ponto de vista, que salienta a relação entre a linguagem, o raciocínio discursivo e as trocas inter-individuais, podem encontrar-se no pensamento Vygotski e, também, no de Piaget.

Na verdade, segundo Piaget (1928), à medida que a criança procura adaptar-se aos outros, cria uma nova realidade que é o plano do pensamento falado e discutido, sobre o qual as operações manipuladas até então só pela acção, passam a ser manipuladas pela imaginação e pelas palavras. “Adquirir conhecimento de uma operação é, com efeito, fazê-la passar do plano da acção ao da linguagem, é, pois, reinventá-la na imaginação para poder expressá-la em palavras” (Piaget, 1928, p. 235). Também a dúvida e a necessidade de comprovar resultam, para Piaget (1928), do choque do nosso pensamento com o dos outros. A necessidade social de partilhar o pensamento dos outros, de comunicar o pensamento próprio e de convencer, é a origem da necessidade de comprovação. Assim, a necessidade de partilhar os pensamentos de outros e de comunicar com êxito o pensamento próprio está nas raízes da necessidade de verificação. “A prova é o resultado da

discussão. A discussão é o nervo da verificação” (Piaget, 1928, p. 225). Segundo este autor, quando o indivíduo renuncia a pensar socialmente, esse isolamento tira ao pensamento a sua estrutura lógica. Para Piaget (1928), é importante distinguir duas maneiras de pensar: uma social, comunicável, dirigida pela necessidade de adaptar-se aos outros, o pensamento lógico que reproduz internamente os diversos aspectos de uma discussão real; outra, íntima e incomunicável, o pensamento autístico. Devido a este autismo, tal maneira de pensar permanece confusa, estranha à preocupação de verdade, inconsciente de si mesma. Piaget (1928) considera que o pensamento egocêntrico da criança se situa num ponto intermédio entre o autismo e o pensamento socializado, tendendo para a adaptação intelectual ao pensamento adulto.

Para conhecer a lógica das crianças é preciso começar por saber em que medida comunicam o seu pensamento pois é precisamente a troca de pensamentos com os outros que nos permite descentrarmo-nos, assim como assegurarmo-nos da possibilidade de coordenar interiormente as relações que emanam de pontos de vista distintos (Piaget, 1978). Um indivíduo não consegue chegar à lógica senão graças à cooperação. Sem troca de pensamento e de cooperação com os outros, o indivíduo não conseguiria agrupar as suas operações num todo coerente (Piaget, 1978) e, conseqüentemente, não seria bem sucedido na integração do “novo” conhecimento com os seus conhecimentos prévios.

Segundo Fosnot (1999), Piaget, nos seus primeiros estudos, analisou a linguagem de crianças em idade pré-escolar, tendo chegado à conclusão de que muita dessa linguagem era, por natureza, egocêntrica, e que elas falam alto, para si mesmas, mais do que com um objectivo social de comunicação. Vygotski, que repetiu muitas das experiências realizadas por Piaget, concluiu, pelo contrário, que o discurso da criança é social logo desde o início, e que o discurso egocêntrico é, na realidade, o início da formação do discurso interno, aquele que será mais tarde usado como ferramenta de pensamento (Fosnot, 1999). Mas, ainda que exista alguma divergência no que respeita à fase do discurso egocêntrico, há que realçar que existe convergência entre os dois autores no que diz respeito ao papel da cooperação com os outros. Na verdade, Vygotski (1978) afirma que Piaget e seus colaboradores mostraram que as crianças começam a usar o raciocínio para provar aos outros o seu próprio ponto de vista e não tanto para organizarem e verificarem os seus pensamentos. Para Vygotski (1988) a relação entre pensamento e palavra é um contínuo ir e vir do pensamento à palavra e da palavra ao pensamento, durante o qual a relação entre pensamento e palavra sofre alterações.

Contudo, como referem Santos *et al.* (2001), na interacção com os outros há que ter em conta que a palavra pode ter duas funções que, segundo Vygotski (1978), são a função unívoca e a função dialógica. Estas estão associadas, respectivamente, ao discurso de autoridade e ao discurso internamente persuasivo. O discurso de autoridade tem uma função unívoca, é fixo e fechado, enquanto que o discurso internamente persuasivo é aberto e permite a interacção com base no diálogo. De acordo com o ponto de vista de Vygotski (1978), atrás referido, sobre a transformação do processo interpessoal num processo intrapessoal, o tipo de função utilizada no plano interpsicológico reflecte-se na função intrapsicológica subsequente. Se a função dialógica é dominante, as manifestações orais dos outros não são tratadas, apenas, como informação para ser armazenada, mas sim questionadas ou ampliadas e incorporadas no diálogo com os outros e consigo mesmo; se a função unívoca for dominante pode esperar-se exactamente o contrário.

Para Vygotski (1978), a aquisição da linguagem é, ela própria, a transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal e constitui, um exemplo da interrelação entre o processo de desenvolvimento interno e a aprendizagem. A linguagem aparece, inicialmente, como meio de comunicação entre a criança e as pessoas que a rodeiam. “Só subsequentemente, após a sua conversão em discurso interno, a linguagem se torna organizadora do pensamento da criança, ou seja, se transforma numa função mental interna” (Vygotski, 1978, p. 89). Por sua vez, depois de adquirida a linguagem, “as suas funções comunicativas e cognitivas tornam-se a base para uma forma superior de actividade inexistente nos animais” (Vygotski, 1978, p.29) e é através da linguagem que as ferramentas culturais e os pontos de vista de uma comunidade se tornam acessíveis e são integradas no discurso pessoal dos aprendizes. Rivard e Straw (2002), que adoptam numa perspectiva construtivista da aprendizagem, referem a existência de uma relação dialéctica entre conhecimento individual, alcançado através de reflexão individual, e o conhecimento que é socialmente mediado através da linguagem.

Deste modo, compreende-se que Newton, Driver e Osborne (1999) afirmem que estudos realizados no âmbito da socio-linguística indicam que a linguagem joga um papel importante e crítico na aprendizagem. Cada área de conhecimento tem, não só uma terminologia mas também uma linguagem própria, e, segundo Lemke (1989), a aprendizagem de um dado assunto académico requer a aprendizagem do seu padrão específico de linguagem, ou seja, a aprendizagem de uma dada disciplina requer a adopção das normas de linguagem dessa disciplina. Assim, a aprendizagem das ciências implica que o aluno se aproprie do discurso científico, aprendendo como determinados termos se relacionam entre si e com o contexto em que são utilizados (Lemke, 1997), pois, dado

que um conhecimento formal, tal como é o conhecimento científico, é diferente do conhecimento espontâneo do dia a dia, os estudantes têm de ser introduzidos ao conhecimento formal, em primeiro lugar, através da linguagem (Leach, 1999 b). Nas aulas de ciências a linguagem é usada para colocar questões, comentar as observações e medições, decidir como registar os dados, formular hipóteses, fazer inferências, desenhar conclusões, ou seja, a linguagem é um instrumento essencial para dar sentido às acções (Isquierdo *et al.*, 1999). Em sala de aula de ciências, a linguagem corrente tem de ser usada para desenvolver as formas de falar e escrever próprias das ciências (Lemke, 1989). Aprender a pensar ou raciocinar cientificamente requer habilidade para usar as ideias e a linguagem das ciências e, conseqüentemente, requer uma aprendizagem de como usar palavras que já são familiares com o seu correcto significado científico e também de como usar “novas” palavras de maneira apropriada (Wellington & Osborne, 2001). Mas, para que o aluno domine a linguagem científica, precisa de ter oportunidades de usar o discurso próprio das ciências, pois a aprendizagem das ciências é, de certa forma, idêntica à aprendizagem de uma língua estrangeira e ninguém sonharia ensinar uma língua estrangeira sem dar aos alunos oportunidade de falar e usar essa língua (Wellington & Osborne, 2001). Assim, na aprendizagem das ciências, o domínio da linguagem científica é uma competência essencial (Lemke, 1989; Lemke, 1997; Newton, Driver & Osborne, 1999; Wellington & Osborne, 2001) que envolve a socialização na linguagem da comunidade científica (Lemke, 1989; Newton, Driver & Osborne, 1999).

Infelizmente, as capacidades relacionadas com a expressão e comunicação de ideias (ex: descrever, sintetizar, explicar e argumentar) raramente são encaradas como fundamentais, esquecendo-se que aprender ciências implica saber falar sobre ciências e que estas capacidades são, elas próprias, conteúdos procedimentais e ao mesmo tempo instrumento mediador da aprendizagem de outros conteúdos (Sanmarti, 1997). Acresce que uma estratégia que contemple este tipo de conteúdos procedimentais pode favorecer a mudança conceptual dos alunos (Sanmarti, 1997), nomeadamente nas situações de laboratório, permitindo aos estudantes avaliar as suas observações e interpretações e a maneira como estas se ligam com outras ideias. No entanto, fomentar a interacção e a reflexão requer a alteração do tipo de trabalho realizado no laboratório, o qual deve centrar-se menos na manipulação de equipamentos e privilegiar mais a interacção com ideias (Gunstone & Champagne, 1990), o que implica o uso da linguagem.

Todavia, o papel da linguagem nos processos de ensino e aprendizagem das ciências é complexo. Mortimer e Scott (2000) sublinham que, embora aprender ciências implique desenvolver a competência de usar a linguagem social das ciências, não se trata de uma simples transferência

dos modos de falar do plano social para o plano pessoal; é necessária uma internalização, no sentido Vygotskiano do termo, em que os estudantes devem dar sentido a esses modos de falar, relacionando-os com as suas ideias e os seus modos de pensar. Os estudantes têm de fazer uma reorganização e reconstrução dos seus modos de falar. Além disso, a referida complexidade do papel da linguagem reside, também, no carácter dual do papel da linguagem nos processos de ensino e aprendizagem das ciências (Villani & Nascimento, 2003). Por um lado, a linguagem é objecto do processo de aprendizagem de ciências, mas por outro, a linguagem é um instrumento de mediação do seu processo de ensino. Assim, por um lado, o professor deve dar atenção às características particulares do próprio conhecimento, à importância de conceitos, princípios, leis e teorias, e ao ensino e aprendizagem da linguagem científica; por outro lado, o professor e os alunos precisam de estar sintonizados num mesmo canal de comunicação para produzirem significados comuns para os diversos conceitos, princípios, leis e teorias que fazem parte do conhecimento escolar. Neste contexto, a aprendizagem do conhecimento científico escolar a partir do conhecimento quotidiano implica a utilização de uma linguagem compartilhada por todos os sujeitos, sendo que a argumentação desempenha um papel fulcral na mediação entre o conhecimento científico escolar e o conhecimento quotidiano (Villani & Nascimento, 2003).

Embora a consciencialização sobre o importante papel da linguagem na aprendizagem das ciências tenha vindo a adquirir relevância desde os anos 80, nos últimos tempos a investigação educacional tem vindo a direccionar a sua atenção para a importância de um tipo particular de linguagem que é o associado à argumentação (Duschl & Osborne, 2002; Jiménez & Erduran, 2007).

Há cerca de uma década, Newton, Driver e Osborne (1999) afirmaram que “é interessante notar a convergência entre os avanços na teoria educacional (inspiradas por modelos socio-culturais de aprendizagem) e os avanços na área da argumentação (inspirados pelo trabalho de Toulmin)” (Newton, Driver & Osborne, 1999, p.554). Esta convergência deve-se ao facto de que, em ambos os casos, é dada ênfase ao papel da comunidade. Na verdade, as oportunidades de interacção reflexiva através da argumentação contribuem, do ponto de vista social construtivista, para apoiar a co-construção do conhecimento (Newton, Driver & Osborne, 1999), pois dão aos alunos oportunidade de examinar a insuficiência das suas concepções prévias, discutindo-as e colocando-as à prova (Lawson, 1994). A conversa oferece oportunidades para conjecturar, argumentar e contestar. Através da conversa, os estudantes podem articular razões para justificar os seus pontos de vista, ou exprimir as suas dúvidas e apresentar alternativas, de modo que possa emergir uma clara compreensão conceptual (Newton, Driver & Osborne, 1999). No processo de mudança conceptual, a

nova lógica pode ser construída no contexto de actividades realizadas em grupo, onde cada membro pode argumentar, construir e ajudar a construir novos significados (Couce, Dominguez & Alvarez, 1998) e onde o professor, à luz da perspectiva Vygotskiana, desempenha o papel de mediador. Na verdade, ao fomentar novas formas de argumentação, o professor pode conduzir os alunos para novos níveis de compreensão conceptual (Hodson & Hodson, 1998), mas, apoiando-se na perspectiva de Vygotski sobre a função unívoca e dialógica, deve procurar que, no discurso desenvolvido na sala de aula, exista alternância da função unívoca e dialógica, pois enquanto a natureza autoritária da primeira enfatiza o conhecimento compartilhado já construído, o discurso internamente persuasivo, característico da segunda, permite considerar mais do que uma explicação bem como versões contraditórias, através da argumentação (Santos *et al.*, 2001). Assim, a prática da argumentação pelos alunos dentro de grupos pode ser um importante mecanismo de suporte para desenvolver a construção individual de argumentos. Nesta perspectiva, a argumentação pode ser considerada uma actividade pessoal e social em que ocorre uma negociação de pontos de vista em contextos específicos em que os alunos possam procurar consensos com os seus pares (Jiménez & Erduram, 2007).

Para Lawson (1994), a argumentação tem lugar relevante no raciocínio hipotético-dedutivo. Este tipo de raciocínio adquiriu relevância nas últimas quatro décadas, dado que, gradualmente, nas concepções epistemológicas dos educadores em ciências, o ponto de vista indutivista tem vindo a ser substituído por um ponto de vista hipotético-dedutivo (Millar, 2004). Segundo Lawson (1994), a capacidade de utilizar um padrão de raciocínio hipotético-dedutivo (capacidade de gerar respostas provisórias às perguntas colocadas, deduzir previsões de acordo com essas respostas e ponderar as evidências disponíveis para apoiar ou refutar essas respostas) começa quando o individuo coloca perguntas a si mesmo e, através de uma interiorização dos elementos da linguagem e discussão, adquire a capacidade de considerar hipóteses alternativas e chegar internamente a decisões para resolver problemas. Para este autor, a capacidade para utilizar o raciocínio hipotético-dedutivo aparece, e vai crescendo, durante a adolescência, como consequência da tomada de posição nas discussões com outros, ao ouvirem argumentos que apresentam propostas alternativas que são, ou não, aceites em função da evidência ou da razão e não como resultado da autoridade ou da emoção. Trata-se de um ponto de vista que, segundo o próprio autor, é consistente com as teorias Piagetianas do desenvolvimento cognitivo. Todavia, a capacidade de argumentar, oralmente e por escrito, em níveis etários mais baixos do que os que são admitidos pelas convencionais teorias

Piagetianas, nomeadamente com crianças de dez anos de idade, também já tem sido posta em evidência em alguns estudos (Sorsby, 1995; Sorsby, 1999 a).

Contudo, desenhar um ambiente de aprendizagem para facilitar e promover a argumentação sobre assuntos científicos é complexo pelo facto de o discurso científico poder envolver as três formas de argumentação, analítica, dialéctica e retórica, (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000) que, como foi referido no ponto 2.2.2, têm exigências diferentes. Na verdade, na literatura educacional encontram-se diferentes interpretações da palavra argumentação (Driver, Newton & Osborne, 2000). Numa das interpretações, que se enquadra na retórica, a argumentação é uma forma de persuadir os outros, e ocorre, por exemplo, quando numa aula de ciências o professor organiza a evidência para tentar convencer os alunos de que uma dada explicação é correcta (Driver, Newton & Osborne, 2000). A outra interpretação, designada por dialógica, ocorre quando várias prespectivas estão em jogo e se tenta alcançar um acordo (Driver, Newton & Osborne, 2000). A capacidade individual de argumentar pode desenvolver-se numa perspectiva dialéctica, através do diálogo interactivo entre duas ou mais pessoas raciocinando em conjunto, processo que vários autores designam por co-construção de argumentos (Jiménez Aleixandre & Diaz de Bustamante, 2003; Naylor, Keogh & Downing, 2007). Através da conversa os estudantes podem conjecturar e refutar e podem articular razões para justificar os seus pontos de vista, exprimir dúvidas apresentar alternativas para que possa emergir uma clara compreensão conceptual (Newton, Driver, & Osborne, 1999). Encorajar e desenvolver a habilidade das crianças para usarem a conversa e raciocinar em conjunto com outros, para partilharem efectivamente os frutos do seu raciocínio, para serem receptivos aos argumentos de outros, quando elaboram conclusões e tomam decisões, é um dos objectivos da educação (Mercer, 1994). Sendo assim, há que colocar a questão de como criar ambientes de aprendizagem e organizar as actividades para promover a argumentação.

Para Lawson (1994), isso pode ser conseguido a partir de um fenómeno 'novo' que o aluno não sabe explicar, desenvolvendo um processo em que têm lugar os raciocínios de tipo indutivo-dedutivo e de tipo hipotético-dedutivo, que apresenta esquematicamente na figura 10. Segundo aquele autor, os conteúdos apresentados nos rectângulos da figura 10 representam vários aspectos de conhecimento conceptual (hipóteses, predições, resultados e conclusões), as setas (entre os rectângulos) representam vários procedimentos (abdução, indução, dedução, comparação e inferência) e as palavras - se, então, portanto - ligam os elementos de um argumento a favor ou contra qualquer proposição particular ou conjunto de alternativas. O autor designa por ciclo

hipotético-dedutivo, um ciclo de aprendizagem em que, desde o início, é feita a formulação explícita de hipóteses alternativas.

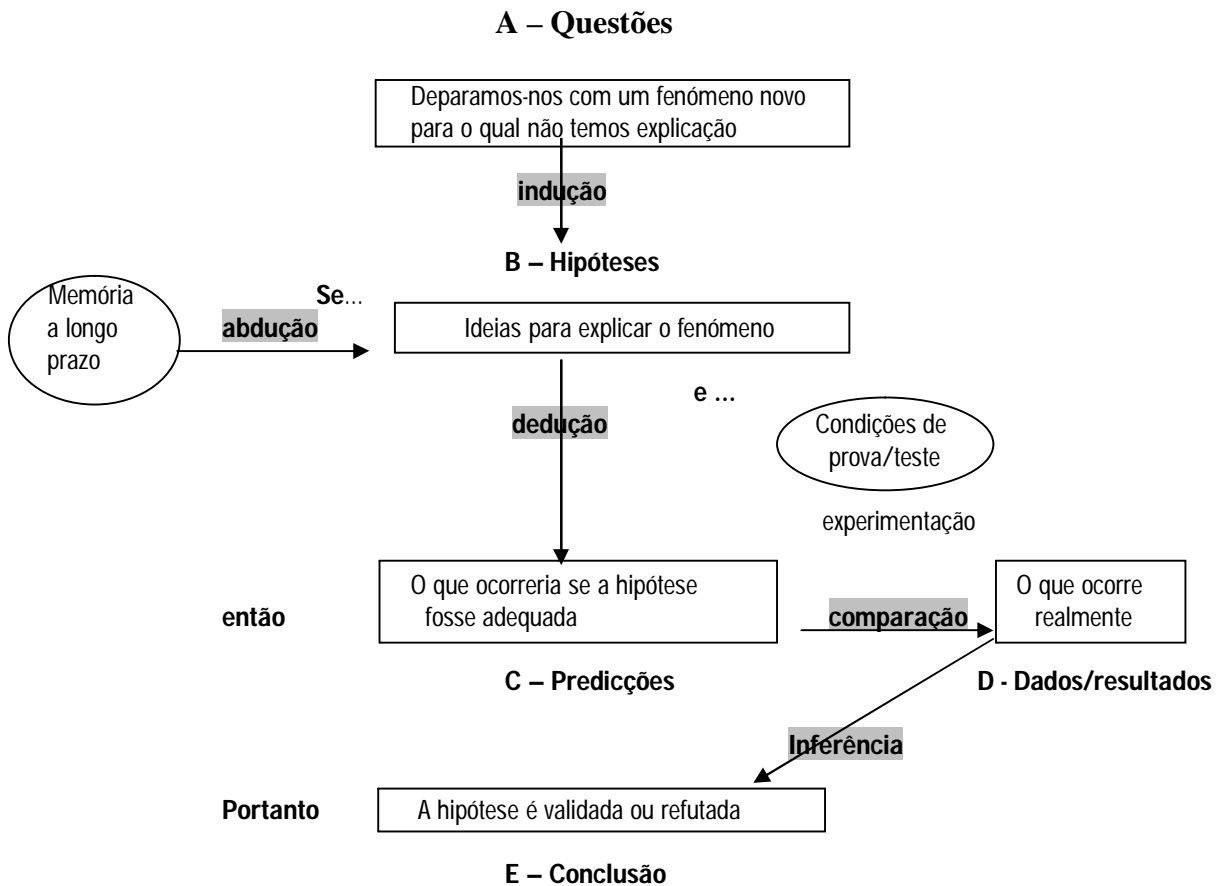


Figura 10 - Padrão básico de raciocínio indutivo-dedutivo e hipotético-dedutivo (Lawson, 1994, p.174)

Este ciclo de aprendizagem coloca a ênfase na argumentação desenvolvida em torno das ideias prévias dos alunos e da discussão de hipóteses alternativas. Não se trata de induzir conclusões a partir da simples observação de fenómenos naturais, o autor salienta o papel da abdução e da argumentação. Os alunos, ao examinarem um fenómeno que coloca questões que não encontram resposta nas suas concepções prévias, podem tomar consciência da insuficiência dessas mesmas concepções. Tais fenómenos podem, assim, provocar desequilíbrio e fomentar a argumentação em torno de ideias alternativas e das previsões por elas geradas (Lawson, 1994). De facto, a construção de um argumento pode envolver a consideração de posições alternativas e pode ter lugar dentro de um único indivíduo ou dentro de um grupo (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000).

Para Jiménez e Erduram (2007) os ambientes adequados para fomentar a prática de argumentação devem criar contextos em que os estudantes sejam envolvidos na apresentação das suas conclusões e seus produtos de trabalho e, também, na avaliação das suas próprias práticas,

discutindo a planificação de actividades para resolver problemas, formulando hipóteses e desenhando experiências para as testar. Assim, há que abordar o ensino como um processo de investigação, o que implica que, através da argumentação, os alunos devem articular as razões que apoiam ou refutam um ponto de vista (conclusão ou previsão) que pretendem justificar (Newton, Driver, & Osborne, 1999), avaliar em que medida as evidências suportam, ou não, as conclusões (Watson, 2000; Sandoval & Reiser, 2004), decidir sobre a evidência aceitável para escolherem entre teorias rivais (Osborne, *et al.*, 2001) e deste modo podem desenvolver critérios epistemológicos (Jiménez & Erduram, 2007).

Todavia, para que percebam a natureza das divergências entre cientistas, não basta que os estudantes utilizem a argumentação na resolução das suas divergências ou na refutação das posições dos seus colegas. É necessário que sejam abordadas matérias que causem controvérsia mesmo entre cientistas, como é o caso das que têm implicações de cariz sociocientífico (Driver, Newton & Osborne, 2000; Kolstø, 2006; Osborne, 2000; Sadler & Zeidler, 2005). Dado que, relativamente a esse tipo de assuntos, os estudantes são portadores de argumentos, moldados pelos media e pelo ambiente sociocultural, torna-se necessário criar distância face a este tipo de discurso e ajudar a emergir uma opinião autónoma e informada (Simonneaux, 2007). Dado que, como foi referido no primeiro capítulo, existem evidências de que a realização destas actividades não constitui uma prática comum nas aulas de ciências e que muitos professores evitam a discussão de questões sociocientíficas (Reis, 2004; Reis & Galvão, 2008), por diversos factores (ex.: falta de capacidades de gestão de discussões em sala de aula; conhecimento insuficiente dos aspectos implicados na discussão de questões sociocientíficas; constrangimentos impostos pelo excesso de conteúdos dos currículos de ciências ou por sistemas de avaliação nacionais que não valorizam esse tipo de temas), torna-se necessário preparar os professores para que estes consigam envolver os estudantes em debates em que a tomada de decisão é, frequentemente, influenciada por informação disponibilizada pelos media. Estes divulgam informações provenientes de diferentes fontes mas é necessário ter capacidade de discutir e analisar a validade das evidências disponibilizadas e que são usadas nos argumentos provenientes dessas fontes (Simon, Osborne, & Erduran, 2003; Simmoneaux, 2007). Ao reconhecerem a existência de divergências no seio da comunidade científica, os alunos estão a familiarizar-se com uma das características do discurso científico, e a contruir uma imagem das ciências que reconhece a argumentação como uma das ferramentas usadas na construção do conhecimento que as compõe.

Além disso, para que os alunos se envolvam neste processo de argumentação têm de ser capazes de reflectir sobre as suas ideias e sobre as razões para as modificarem (Mason, 2001) e, ainda, sobre os seus próprios argumentos (Zohar & Nemet, 2002), desenvolvendo competências de avaliação para distinguir entre bons e maus argumentos. Deste modo, desenvolveriam a metacognição e processos cognitivos de nível elevado (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Simultaneamente, ao argumentarem sobre a validade da evidência e ao deliberarem para tomarem decisões estariam a desenvolver o pensamento crítico e critérios racionais (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007).

Assim, a conceptualização da aprendizagem das ciências como um processo argumentativo tem objectivos que estão para além da aprendizagem de conteúdos científicos. A argumentação pode contribuir para dois dos grandes objectivos do ensino das ciências referidos no ponto 2.3.5: saber o quê e saber como. Além disso, como foi referido no primeiro capítulo, tem vindo a ser defendido que tanto as práticas argumentativas dos alunos como a compreensão do conhecimento científico e da sua natureza podem constituir contributos para o exercício de uma cidadania responsável (Kolstø, 2006; Millar, 2004; Sandoval, 2005; Smith & Scharmann, 1999; Simmoneaux, 2007) e, deste modo, contribuir para a resposta à questão saber para quê? Em síntese as práticas da argumentação pelos alunos podem contribuir:

- Para a aprendizagem dos conteúdos científicos (Hodson & Hodson, 1998; Lawson, 1994; Newton, Driver & Osborne, 1999; Osborne, *et al.*, 2001);
- Para que a educação em ciências proporcione a compreensão do processo racional que orienta os cientistas na produção do conhecimento (Bricker & Bell, 2008; Duschl, 2007; Sandoval & Millwood, 2007);
- Para que os cidadãos participem criticamente em decisões relacionadas com aspectos científicos (Kolsto, 2006; Sadler, 2004; Sadler & Zeitler, 2005) e avaliem informações disponibilizadas pelos media, provenientes de diferentes fontes, e que traduzem divergências entre cientistas (Bricker & Bell, 2008; Simmoneaux, 2007);
- Para que os alunos desenvolvam o pensamento crítico e formas de raciocinar em ciências (Kuhn, 1993; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007);
- Para que se tornem capazes de reflectir sobre os seus próprios argumentos (Zohar & Nemet, 2002), desenvolvendo a metacognição (Kuhn, 1992; Kuhn, 1993);

No esquema que se segue, adaptado de Jiménez & Erduran (2007), sintetizam-se todos os potenciais contributos da prática da argumentação pelos alunos para a educação em ciências e para a formação de cidadãos.

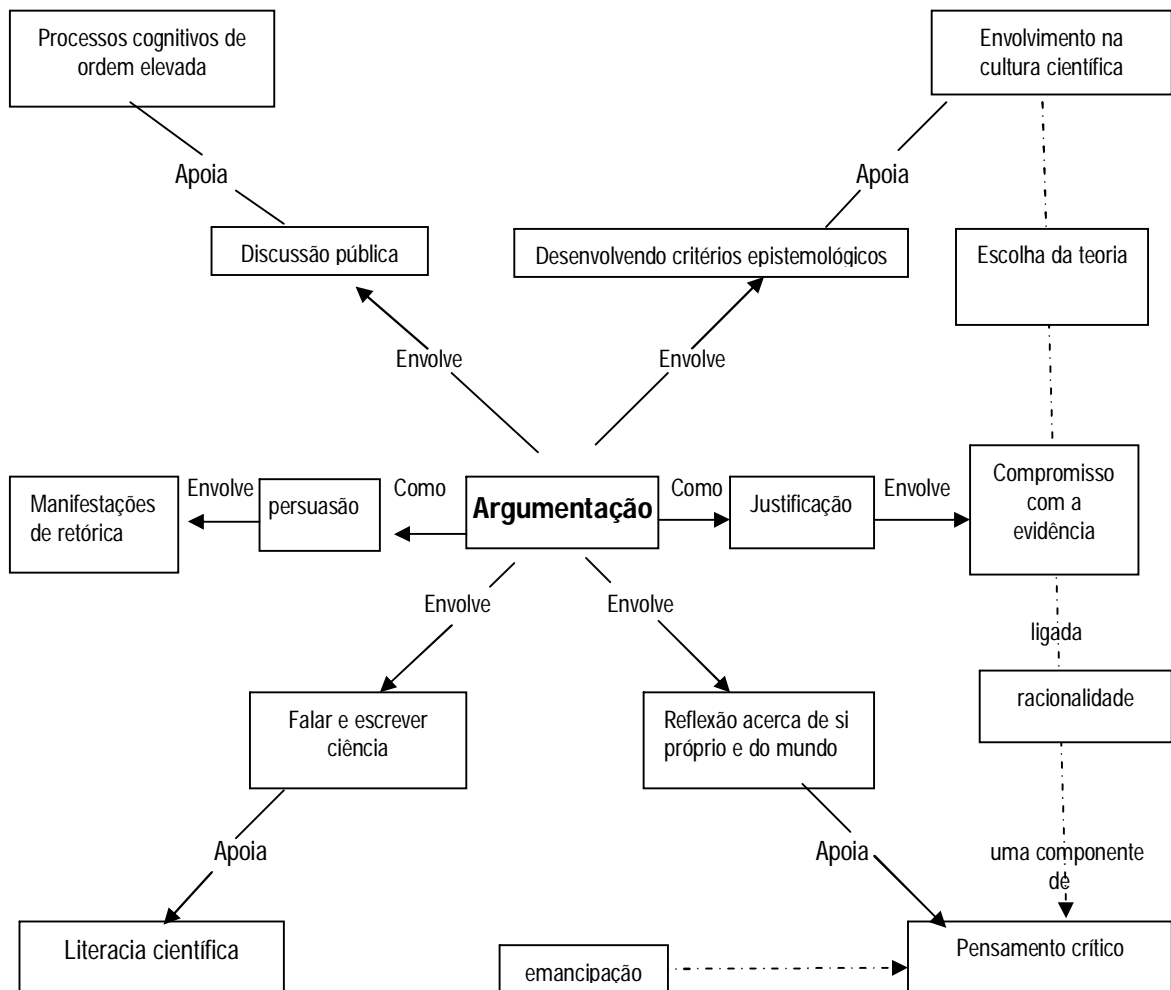


Figura 11 - Contributos da argumentação (adaptado de Jiménez & Erduran, 2007, P.11)

Para que a argumentação no ensino das ciências contribua para o alcance destes objectivos é necessário que os alunos aprendam a desenvolver argumentos válidos, e, para tal, têm que ser explicitamente ensinados na apropriação dessa forma de discurso (Erduran & Osborne, 2005; Simon, Erduran & Osborne, 2006). Felizmente, como foi referido no primeiro capítulo, tem-se assistido a um reconhecimento crescente das múltiplas potencialidades da argumentação na prática pedagógica. Em seguida serão referidos algumas das investigações que têm incidido sobre a argumentação e as interações verbais na educação em ciências com particular incidência na Física e na Química.

2.5.2. Estudos que se debruçam sobre a análise da argumentação e das interacções verbais em sala de aula

Alguns dos numerosos estudos que se debruçam sobre a análise da argumentação e das interacções verbais em sala de aula, incidem sobre as dificuldades e limitações dos professores em promover a argumentação nos alunos e/ou sobre a elaboração de materiais e a criação de contextos com a finalidade de promover essa argumentação. Outros procuram fazer o diagnóstico das dificuldades dos alunos nas práticas argumentativas e identificar efeitos dessas práticas. Por outro lado, algumas investigações analisam a argumentação com base no modelo de Toulmin (1958); existem outras que referem limitações deste modelo e recorrem a outras perspectivas de avaliação; e, ainda, outras em que o modelo não é, sequer, considerado.

2.5.2.1. Estudos que recorrem ao modelo de argumento de Toulmin

O modelo de argumento proposto por Toulmin (1958) foi usado quer em estudos que envolveram professores quer em estudos que envolveram alunos. A maioria dos estudos que vão ser referidos foram realizados com alunos, dois estudos envolveram grupos de professores e um dos estudos incidiu sobre a prática pedagógica de apenas dois professores.

Alvarez *et al.* (1997) realizaram, em Espanha, uma investigação com o objectivo de estudar o desenvolvimento de destrezas cognitivas dos alunos, no contexto da aprendizagem da Física no ensino secundário. Utilizaram uma metodologia que obriga a que os professores tomem as suas decisões utilizando três tipos de informação acerca da forma como os estudantes aprendem: conhecimento epistemológico e científico, destrezas cognitivas ou de pensamento e capacidade de comunicação. Os autores desenharam uma unidade didáctica sobre flutuação na qual os estudantes, a partir de problemas autênticos, tiveram oportunidade de construir o seu conhecimento através da discussão argumentada entre iguais e agindo como cientistas. No contexto desta unidade didáctica foi analisada, com recurso ao esquema de Toulmin (1958), a capacidade dos estudantes na argumentação a favor ou contra diversas hipóteses explicativas dos problemas relativos à flutuação dos barcos. Para o acompanhamento das destrezas de raciocínio dos alunos foram feitas gravações da actividade dos diferentes grupos e os alunos construíram um dossier individual que foi utilizado como referência em actividades posteriores. Os resultados mostraram que, quando os alunos podem voltar a raciocinar sobre a sua actividade em diferentes momentos da unidade,

através da comparação das respostas iniciais com respostas posteriores mais elaboradas, tomam conhecimento da evolução do seu próprio pensamento. Além disso, esta forma de trabalhar em que os estudantes voltam a debruçar-se sobre o que já conheciam permite obter dados sobre padrões de argumentação em momentos diferentes da unidade que depois podem ser comparados e proporcionar a análise do seu desenvolvimento.

Couce, Domínguez e Alvarez (1999) realizaram um estudo que visava analisar a capacidade de argumentação dos alunos durante a interpretação de um acontecimento problemático (a formação de sombras e a variação do seu tamanho) que procuraram que fosse explicada pelos alunos. As conversas dos alunos, divididos em grupos, foram gravadas em vídeo e também em áudio. Em seguida foi posto em comum o trabalho dos grupos, inicialmente guiado pelos próprios alunos, mas, depois, com intervenção dos investigadores. Através de perguntas, o debate foi conduzido no sentido de detectar a possível existência de fundamentos formalmente correctos do ponto de vista das ciências escolares. A análise dos argumentos foi efectuada com base na versão mais divulgada do modelo de argumento de Toulmin (1958) e mostrou, entre outros resultados, que: os alunos são capazes de argumentar, mas a argumentação, por si só, não é condição suficiente, ainda que seja necessária, para fazer a aproximação do ponto de vista dos alunos ao ponto de vista das ciências escolares; a interacção que se produz entre iguais pode não favorecer a aproximação entre o conhecimento dos alunos e o conhecimento científico, pois foram constatadas situações em que aconteceu o contrário, visto que uma ideia mais próxima do ponto de vista científico foi abandonada por influência dos colegas. Por isso, os autores consideram necessária a intervenção do professor para guiar o discurso, baseando-se num referencial claro e sequenciado e adoptando o papel de provocador que suscita controvérsia e novas interrogações.

Um estudo realizado por Jiménez-Aleixandre *et al.* (2000) que envolveu uma turma de alunos espanhóis do ensino secundário (com 14 e 15 anos de idade) e que visava compreender os padrões de argumentação, usados pelos estudantes na discussão em grupo. Foi criado um contexto de aprendizagem em que os estudantes foram solicitados a resolver problemas, comparar as soluções apresentadas pelos diferentes grupos e justificar as suas escolhas. Os alunos foram observados durante seis sessões de uma hora. As quatro primeiras sessões decorreram com um padrão de diálogo em que o professor colocou a questão, o aluno respondeu e o professor avaliou; durante a quinta e a sexta sessões, em que os alunos resolveram problemas em grupo, o professor apresentou questões sobre a experiência da vida real ou questões que tinham um leque de respostas possíveis e ocorreu diálogo directo entre alunos em que o professor foi apenas moderador.

Os padrões de diálogo foram classificados em duas categorias: os alunos simplesmente comentavam em voz alta as tarefas realizadas ou as que se iriam seguir, invocando as directivas como justificação (fazer escola) ou, pelo contrário, discutiam uns com os outros, avaliando as diferentes afirmações conclusivas, apresentando justificações para as diferentes hipóteses e utilizando analogias ou metáforas para suportar as suas ideias (fazer ciências). Foi constatado que uma parte substancial das interacções entre estudantes foram consideradas como pertencendo à categoria 'fazer escola'. Contudo, à medida que a discussão prossegiu, diminuíram as contribuições dos estudantes relacionadas com as regras e orientações para o trabalho e aumentaram as relacionadas com o assunto científico em discussão, sendo isto mais acentuado nas discussões em grande grupo. No que diz respeito às instâncias que se enquadravam na categoria 'fazer ciências', os autores analisaram a argumentação com base no modelo de Toulmin (1958). Constatou-se que os estudantes apresentam afirmações conclusivas com maior frequência do que justificações ou fundamentos, e que a maior parte das vezes, as conclusões são apresentadas sem qualquer ligação com outros elementos do argumento. Apenas num reduzido número de casos foram apresentadas relações entre os elementos de um argumento.

Jiménez Aleixandre *et al.* (2003) realizaram, em Espanha, um estudo com seis pequenos grupos de alunos do ensino secundário (14-15 e 15-16 anos) que teve como objectivo de explorar os processos de construção e transformação dos dados, bem como os argumentos e justificações apresentados pelos estudantes aos seus pares, quando envolvidos na resolução de problemas em contexto laboratorial (quatro grupos em problemas de Física e dois grupos em problemas de Biologia). Os autores analisaram as conversas dos alunos, nos grupos, durante a realização das actividades laboratoriais com grau de abertura elevado e recorreram ao modelo de Toulmin (1958) para análise dos argumentos dos alunos. Nesta análise consideraram que os argumentos em que as conclusões foram acompanhadas de justificação foram considerados qualitativamente superiores, e as justificações apoiadas em evidência empírica também foram consideradas qualitativamente superiores às que se apoiavam na autoridade. Os autores constataram que quase todos os grupos foram capazes de produzir, seleccionar e transformar dados. Contudo, precisaram da assistência dos professores para identificarem padrões e elaborarem explicações. Foi constatado, também, que os grupos que resolveram cinco problemas de Física apresentaram justificações que se enquadravam principalmente nas categorias cognitiva (justificação em termos de conhecimento) e pragmática (justificação em termos de objectivo atingido durante a realização de um problema) e não foi detectada progressão ao longo de cinco tarefas; nos grupos que realizaram tarefas de

Biologia, a maioria das justificações foi de carácter cognitivo. Para além disso, dado que as actividades envolviam conteúdos de dois domínios diferentes, foi possível constatar que as justificações e os fundamentos apresentados pelos alunos eram dependentes do domínio científico em causa e que os argumentos justificados pareceram ser mais influenciados pelo contexto da tarefa do que pela experiência prévia em tarefas similares.

Watson, Swain e McRobbie (2004) realizaram um estudo em que observaram duas turmas de 8º ano enquanto os respectivos alunos realizaram, em grupo, actividades de investigação sobre a resistência de cadeias de diferentes tipos de papel construídas com base num conjunto de oito peças de diferentes comprimentos e larguras. Durante a actividade, os estudantes deviam ter oportunidade de discutir para elaborarem previsões sobre as condições em que as cadeias iriam romper, testar as suas previsões, planificando o necessário controlo de variáveis, e decidir sobre a forma como deviam usar os dados recolhidos para elaborarem as suas conclusões. Os alunos realizaram séries de investigações, cada uma com duração de três aulas, entre as quais foram intercaladas aulas tradicionais. A análise realizada pelos autores incidiu sobre a argumentação desenvolvida durante a última actividade de investigação realizada pelos alunos. As duas turmas foram leccionadas por dois professores com estilos distintos, um mais formal do que o outro, e em cada aula a observação incidiu sobre o professor e sobre dois grupos de alunos escolhidos para serem observados (um grupo de três rapazes e outro grupo de três raparigas) que, segundo os professores, apresentariam facilidade em conversar. Os investigadores constataram que a quantidade e qualidade da discussão foi reduzida. Na generalidade, os estudantes não procuraram justificar as conclusões elaboradas e tomaram decisões que não foram explicadas. Os estudantes não exploraram a qualidade da evidência proveniente do seu trabalho empírico, e, em vez disso, consideraram os dados e a conclusão como sendo a mesma coisa. Contudo, os autores consideram que as oportunidades proporcionadas para a discussão dentro da sala de aula foram insuficientes para promover a argumentação. Os estudantes não entenderam os objectivos da actividade e foram influenciados por actividades anteriores em que as investigações tinham sido consideradas como um conjunto de procedimentos de rotina. Por vezes, procuraram, entre eles ou com o professor, saber se estavam a realizar a actividade da forma que era esperada. Assim, para os investigadores não ficou claro se a dificuldade dos estudantes em separarem evidência e teoria era inerente ao seu desenvolvimento cognitivo ou se estava associada ao contexto sociocultural e à forma como a actividade de investigação foi encarada pelos estudantes. Aparentemente, os estudantes seriam

capazes de produzir discussões de melhor qualidade, mas seria preciso uma alteração das suas expectativas face à prática da investigação em sala de aula.

Seguidamente vão ser referidos dois estudos que incidiram sobre situações em que os alunos abordaram temas de cariz sociocientífico. Patronis *et al.* (1999) levaram a cabo, na Grécia, com alunos do ensino secundário, um estudo em que recorreram a um problema relacionado com o quotidiano e de cariz sociocientífico, sendo que os estudantes deveriam convencer os outros da validade do seu ponto de vista relativamente à construção de uma estrada. A análise dos argumentos dos alunos foi realizada com base nos diálogos produzidos enquanto defendiam, nos grupos, as suas propostas e, também, nas estratégias de tomada de decisão apresentadas nas discussões em sala de aula. Os investigadores procuraram identificar não só os argumentos mas, também, a dinâmica do seu aparecimento e desenvolvimento. Na análise da argumentação foram identificadas duas dimensões: uma que diz respeito ao processo (ex: defesa ou ataque) e outra à natureza (qualitativo, semi-quantitativo, ou quantitativo) dos argumentos. Estes foram considerados: qualitativos quando os alunos se apoiaram em aspectos sociais, económicos, ecológicos; e quantitativos quando se apoiaram em cálculos, fórmulas ou estimativas. Constatou-se que os argumentos de tipo qualitativo surgiram com mais frequência, no início da actividade. Ao longo do processo, emergiu uma variedade de argumentos que, pela sua natureza e inter-relação no processo de tomada de decisão no tema de cariz sociocientífico, não são habitualmente desenvolvidos nas aulas de ciências, visto que estas incidem sobre questões de ciências desligadas dos problemas que os cidadãos encontram na vida corrente. Os autores consideram que, deste modo, a importância da argumentação dos alunos foi posta em evidência neste processo de tomada de decisão. Segundo os autores, o conhecimento científico que deve emergir nos argumentos dos alunos, pode ser encorajado quer pela natureza do problema tratado, quer pela intervenção do professor, o qual deve comentar a relevância do conhecimento científico utilizado pelos alunos, colocar questões para uma exploração mais profunda, sugerir que os argumentos sejam reanalisados e fornecer informação adicional quando os pontos de vista dos alunos não incluem o conhecimento científico necessário.

Simonneaux (2001) fez um estudo com alunos franceses do segundo ano do ensino secundário vocacional (Upper secondary Agricultural Lycée) em que se pretendia comparar o impacto de um debate tradicional, realizado por um grupo, com o impacto de um *role-play*, realizado por outro grupo, na argumentação desenvolvida pelos mesmos num tema de carácter sociocientífico. Antes do debate tradicional ou do *role-play*, ambos os grupos responderam a um questionário que incidiu sobre a opinião dos estudantes acerca da pesquisa em animais transgénicos e da instalação

de um viveiro de salmão. Para ser possível uma análise das sequências argumentativas foi feita gravação áudio e vídeo durante o debate e o *role-play*. A análise dos dados foi realizada com base no modelo de Toulmin (1958), mostrou que o envolvimento dos alunos em discussões, debates ou *role-play* ajudam os estudantes a desenvolver argumentos, tendo sido, em ambos os grupos, identificadas ligações entre dados e conclusões, implícita ou explicitamente, suportadas por garantias e fundamentos ou contrariadas por refutação ou exceção. Além disso, foram encontradas restrições em alguns argumentos (“a favor se ...”, “contra, a menos que ...”, “a favor enquanto que ...”) e também conectores entre argumentos (“por outro lado ...”, “se é verdade que...”, “na medida em que, ...”) que correspondem aos qualificadores de modo no esquema de Toulmin. O autor encontrou poucas diferenças entre os argumentos avançados pelos estudantes dos dois grupos. Contudo, foram identificadas mudanças nas opiniões acerca do tema em discussão. Segundo aquele autor, ao expressarem os seus pontos de vista, confrontando-os com argumentos opostos, os alunos podem clarificar o seu pensamento.

Osborne *et al.* (2001) desenvolveram um estudo em que investigaram modos de modelar e incorporar a argumentação em actividades para alunos, bem como os problemas que isso coloca aos professores. Para tal, trabalharam com um grupo de 13 professores, partilhando as suas experiências, discutindo as questões subjacentes ao processo de argumentação e desenvolvendo materiais a serem utilizados por alunos, designadamente em actividades de tipo prevê/observa/explica, cuja utilização deveria ser acompanhada de estratégias adequadas para promover a argumentação, tais como trabalho em pequenos grupos. Entre os aspectos importantes a ter em conta nos materiais a utilizar, os autores apontam os seguintes: o confronto de teorias competitivas; a discussão de afirmações que devem ser colocadas em ordem lógica pelos alunos; a apresentação de exemplos em que seja confrontado um argumento forte e um argumento fraco, sendo o primeiro aquele que se apoia num largo leque de evidências e refuta possíveis contra-argumentos e o segundo o que apresenta uma justificação débil, sem referência a possíveis contra-argumentos; e a discussão das situações em que os dados sejam inclusivos. A vivência dos professores que trabalharam no projecto mostrou que um tempo de menos de 30 minutos por tarefa não é suficiente para desenvolver uma linha coerente de raciocínio que possa ser considerada credível pelos alunos, nem que eles próprios fossem capazes de defender. Os investigadores consideram que os alunos precisam do apoio do professor para construir bons argumentos e que esta actividade requer o trabalho em pequenos grupos.

Simon, Osborne e Erduran (2003) fizeram um estudo com os propósitos de identificar as estratégias necessárias para promover, nas aulas de ciências, a capacidade argumentativa dos alunos e de determinar em que medida a implementação dessas estratégias pode melhorar a prática pedagógica dos professores relativamente à argumentação. Depois de ter sido realizado algum trabalho preliminar nesta área com um grupo alargado de professores, foram seleccionados doze desses professores, provenientes de escolas urbanas e suburbanas dos arredores de Londres, para, sob a orientação dos investigadores, usarem materiais previamente construídos com base na literatura. Estes materiais incluíam actividades que exigiam: escolher entre teorias competitivas; compreender um argumento; construir um argumento; interpretar dados experimentais; prever, observar e explicar um fenómeno. Para apoiar os professores no uso da argumentação, os investigadores centraram-se no desenvolvimento de dois aspectos do ensino, a organização da actividade dos estudantes e as questões usadas pelos professores para promover o processo de argumentação. Nos planos de trabalho dos professores foi incorporada uma série de nove lições baseadas na argumentação, das quais duas foram dedicadas a um tema sociocientífico e as outras foram dedicadas à discussão e argumentação de ideias científicas. Para participarem no estudo foram escolhidos alunos do oitavo ano, com 12-13 anos de idade por estarem livres do constrangimento dos exames. Um ano mais tarde, os mesmos professores realizaram as mesmas actividades com alunos considerados equivalentes. Os dados foram recolhidos no início de cada um dos anos de duração do projecto, através da gravação em vídeo e áudio (tendo, neste caso, sido colocado um gravador em cada um dos professores, o qual permitiu captar a sua contribuição oral bem como as suas interacções com os estudantes nos pequenos grupos) da análise da estrutura das lições e de entrevistas sobre o que consideravam importante na participação dos alunos e na sua aprendizagem da argumentação. Os resultados da análise de fragmentos da conversa, com base no modelo de argumentação de Toulmin (1958), mostraram a progressão dos professores ao longo do tempo, bem como alguma evolução dos argumentos usados, os quais melhoraram em termos de número de justificações, de fundamentações, e de refutações. Foram detectadas melhorias estatisticamente significativas em oito dos doze professores mas não foi encontrado um padrão comum na estrutura dos argumentos usados, o que sugere que a maneira como é usada a argumentação é característica de cada professor. A análise detalhada da progressão de dois dos professores ao longo dos dois anos, mostrou que enquanto que um dos professores omitiu quer a oposição quer a contra-argumentação, desencorajando os estudantes de discordarem, o outro

introduziu o processo de contra argumentação na primeira actividade de grupo e, depois, encorajou os estudantes a colocar ênfase na oposição e contra-argumentação.

Lee e Lin (2005) estudaram os mecanismos de tomada de decisão na prática pedagógica de dois professores de escolas secundárias de zonas urbanas da república de Taiwan, que foram seleccionados de entre um grupo de vinte professores em formação e que pareciam perfilhar uma perspectiva construtivista do ensino e da aprendizagem. Os dados sobre os acontecimentos ocorridos em sala de aula foram recolhidos durante três semanas e os acontecimentos foram codificados com base numa grelha de observação que incidia em seis aspectos: acontecimentos controlados pelo professor, actividade em grupo dos estudantes, actividade individual dos estudantes, interacção professor estudante, avaliação na sala de aula e acontecimentos temporários. Os resultados mostraram que mais de metade das decisões, de ambos os professores, sobre a forma de orientar as actividades, corresponderam à opção pela categoria de acontecimentos controladas pelo professor (leitura/explicação do professor ou escrita no quadro) e apenas uma muito pequena percentagem correspondia à actividade em grupo. Quanto às actividades realizadas no laboratório (35% e 20% das actividades para cada um dos professores) foram realizadas em grupo mas em regime de muito baixo grau de abertura. Foi ainda constatado que, para estes professores, a importância da actividade laboratorial residia na sua ligação com o conteúdo do livro de texto e com os exames. Com base neste resultado foram definidas questões para uma entrevista cuja análise mostrou que os mecanismos de tomada de decisão destes dois professores podiam ser adequadamente representados pela estrutura da sua argumentação e que os factores que, segundo os professores, podiam ter influência nas suas decisões pedagógicas, eram, entre outros, a pressão dos exames, as limitações de tempo, a forma como as turmas estavam organizadas, o número de estudantes, e a ordem em sala de aula. Em particular, relativamente à questão de dar aos alunos oportunidade para realizarem actividades, sem uma metodologia pré-definida, ambos os professores revelaram atitudes negativas. Um dos professores afirmou mesmo que seria preferível optar por actividades rigidamente orientadas, a menos que existisse uma flexibilidade que permitisse aos professores desenhar o seu currículo e seleccionar os livros e as actividades. O outro professor justificou o seu ponto de vista afirmando que as actividades laboratoriais de tipo investigação não são avaliadas nos exames, que os estudantes podem ser aprovados sem realizar este tipo de actividades, e que os alunos deveriam ter algum treino básico antes de realizarem actividades de investigação. Assim, embora ambos os professores tivessem revelado, nas entrevistas iniciais, a aceitação de pontos de vista construtivistas, revelaram atitudes negativas relativamente à

oportunidade a dar aos alunos para realizarem actividades sem uma metodologia pré-definida. Lee e Lin (2005) consideram que os resultados deste estudo reforçam a ideia de que a relação entre as convicções dos professores e as suas práticas pode não ser linear, e que estes professores, que foram educados num formato tradicional, tendem a ensinar da maneira que aprenderam.

Nas investigações que acabam de ser referidas, a análise dos argumentos foi feita com base no modelo de Toulmin (1958). Alguns autores optaram por utilizar o esquema de Toulmin (1958) considerando apenas os elementos base do esquema (dados, conclusão, explicação e fundamento), outros autores utilizaram, também, qualificadores de modo e condições de refutação. Segundo Alvarez *et al.* (1997), a presença de uma maior ou menor variedade e quantidade destes componentes, assim como das relações entre eles, permite caracterizar a qualidade da argumentação. Os resultados das investigações mostram que embora este modelo tenha sido concebido no âmbito da lógica informal com fins filosóficos, é uma base sobre a qual se pode construir uma análise dos argumentos utilizados em ciências na escola (Diaz de Bustamante, 1999). A flexibilidade deste modelo e o facto de poder ser aplicado nos diferentes contextos constitui uma vantagem para a compreensão dos argumentos dos alunos (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000).

2.5.2.2. Estudos que apontam limitações ao modelo de Toulmin optando por outras formas de avaliação ou adaptando o modelo

Nas perspectivas de diversos autores o modelo de Toulmin (1958) para análise dos argumentos apresenta diversas limitações ou desvantagens. Kelly e Takao (2002) fizeram uma avaliação crítica do modelo de Toulmin (1958) classificando-o de ambíguo porque as afirmações apresentadas como conclusões, no contexto de um dado argumento, podem servir de dados numa cadeia mais ampla e mais complexa de raciocínio. Este ponto de vista parece convergente com o ponto de vista de Van Eemeren e Grootendorst (1992) para quem a distinção crucial entre dados e conclusões só é realmente clara em alguns exemplos particulares. Na prática usual, os dois tipos de afirmação podem não ser distinguíveis com facilidade, sendo necessário analisar a posição das conclusões integradas em argumentos mais latos que não é considerada na abordagem de Toulmin (1958). Assim, Van Eemeren e Grootendorst (1992) consideram que o modelo de Toulmin é difícil de aplicar ao discurso argumentativo da vida real. Esta dificuldade pode estar relacionada com limitações desse modelo apontadas por Driver, Newton e Osborne (2000) e que o impedem de captar especificidades dos argumentos do dia a dia, tais como: partes do argumento podem não

estar expressas de forma explícita mas apenas implícitas; nem todos os aspectos da argumentação se manifestam através do discurso, alguns manifestam-se através de gestos, e isso é particularmente provável em ciências, quando há manipulação de materiais. Além disso, para identificar as componentes do argumento pode ser necessário analisar extensas partes da conversa, pois, no fluxo da mesma, os componentes não são referidos de forma sequencial, o que faz com que esta análise seja problemática (Clark & Sampson, 2008). Também há que ter em conta que, como foi referido no ponto 2.2.3.1, embora a estrutura do argumento seja idêntica para diferentes áreas do conhecimento, os conteúdos dos diversos elementos do argumento são dependentes da área de conhecimento em que a argumentação se situa (Hart, 1998). Assim, o modelo só pode ser usado para a análise da estrutura dos argumentos e não para avaliar a correcção dos mesmos (Toulmin, 1958). A área do conhecimento tem que ser tida em conta na avaliação e, no caso da educação em ciências, há que considerar a qualidade conceptual dos comentários dos estudantes que podem ou não ser aceites do ponto de vista científico (Clark & Sampson, 2008). Por outro lado, segundo Driver, Newton e Osborne (2000), para avaliar o produto de uma discussão em grupo têm que ser tidas em conta duas dimensões, a cognitiva e a social, visto que ambas contribuem para a aprendizagem em grupo. Assim, na análise dos argumentos dos alunos, devem ser tidos em conta aspectos sociais como, por exemplo, a forma como os papéis assumidos pelos diferentes membros do grupo influenciam o progresso da argumentação e o progresso do grupo, contribuindo para a co-construção de um único argumento ou para o desenvolvimento de linhas independentes de raciocínio. Limitações do tipo das anteriormente referidas fizeram com que alguns autores sentissem insuficiente ou inadequado o modelo de Toulmin (1958) para análise da argumentação e procurassem alternativas a ele. Os estudos que seguidamente vão ser referidos apresentam uma avaliação das práticas argumentativas dos alunos realizada com base em modelos alternativos ao modelo de Toulmin ou em adaptações do mesmo.

Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999) realizaram um estudo com dezassete grupos de três estudantes do terceiro ciclo, onze dos quais estavam envolvidos num projecto que dava relevo à argumentação dos alunos e que pretendia avaliá-la. O objectivo do estudo consistiu em comparar os argumentos dos estudantes dos grupos que faziam parte do projecto com os argumentos dos estudantes dos grupos que estavam envolvidos nele. A argumentação e o apoio fornecido pelo professor (para a alimentar e facilitar) colocaram ênfase na relação entre evidência e explicação, distinguindo-se dos modelos de instrução tradicionais que colocam a ênfase na relação entre evidência e conceitos. Os dezassete grupos de três estudantes envolvidos no estudo participaram

numa entrevista semi-estruturada que incidiu (entre outros aspectos) sobre evidências e conclusões apresentadas num projecto de ciências. Para análise da estrutura dos argumentos foram consideradas as sequências de raciocínio subjacentes às conversas que ocorrem entre membros de um grupo quando debatem ou argumentam a favor ou contra uma acção específica ou quando avaliam um dada conclusão. Para análise da argumentação produzida em estudos que colocam a ênfase no diálogo Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999) consideram que é mais adequado recorrer a alguns dos tipos de argumentos/esquemas de raciocínio referidos por Walton (1996). Os resultados mostraram que os participantes no estudo são capazes de se envolver na argumentação sobre tópicos das ciências e de empregar uma diversidade de argumentos/esquemas de raciocínio com referência a uma variedade de evidências e premissas relevantes e que vão além da lógica analítica. Constatou-se, ainda, que os estudantes dos grupos envolvidos no projecto se empenham em esquemas de argumentação com base no diálogo em todas as categorias de raciocínio consideradas, com mais frequência do que os estudantes dos grupos não envolvidos no projecto. Os dados sugerem também que a argumentação dos alunos pode iniciar-se com estruturas/padrões de raciocínio de tipo dialéctico, que os estudantes usam de um modo natural, e evoluir no sentido de estruturas/padrões usados pelos cientistas. A identificação de padrões de raciocínio e esquemas de argumentação contribui para facilitar a avaliação formativa do raciocínio dos estudantes, e este tipo de análise mostrou-se eficaz para abordar as estratégias de argumentação dos estudantes.

Kelly e Takao (2002) efectuaram uma investigação com o propósito de examinar, com base num modelo por eles desenvolvido, a utilização da evidência, pelos estudantes, em textos argumentativos escritos. A investigação foi realizada na Califórnia no âmbito de um curso universitário introdutório à oceanografia que utilizou um CD-ROM interactivo para providenciar conjuntos de dados geológicos com os quais os estudantes exploraram questões científicas. Para a análise dos argumentos escritos, os autores desenvolveram um modelo que se apoia na ideia de que, nos textos escritos pelos cientistas existe, tipicamente, um movimento que parte de aspectos particulares das experiências que têm em mãos para afirmações mais genéricas (afirmações teóricas). Para efeitos de análise de dados os autores elaboraram um modelo em que definiram níveis epistemológicos específicos da disciplina em causa, caracterizados por diferentes graus de abstracção, que vão desde a descrição de dados até proposições de carácter geral, que não incluem dados específicos da área em estudo. Os resultados mostraram que o modelo permite representar de modo esquemático argumentos compostos de múltiplas conclusões e vários graus de generalidade, representando uma melhoria relativamente ao modelo de Toulmin (1958) e

mostrando-se promissor para avaliar em que medida os estudantes providenciam suporte de evidências para os seus argumentos. Todavia, os autores identificaram algumas fraquezas no seu modelo. Entre elas conta-se: o facto de identificar os dados e as conclusões, mas não avaliar devidamente as relações de carácter inferencial, o que pode levar a classificar os argumentos como devidamente suportados por evidências mesmo quando as regras de inferência não são respeitadas; e o facto de a escrita dos estudantes ser analisada sem ter em conta o ponto de vista daquele que escreve, o que, no entanto, consideram que poderá ser superado com entrevistas aos estudantes.

Villani e Nascimento (2003) realizaram, no Brasil, uma investigação com alunos do ensino médio, em que estudaram a possibilidade de a argumentação funcionar como linguagem mediadora entre o conhecimento científico escolar e o conhecimento quotidiano. Nas actividades realizadas pelos alunos, estes foram organizados em grupos de quatro para trabalharem num laboratório do tipo tradicional (que os autores classificaram como laboratório didáctico) e seguiram orientações de um roteiro altamente estruturado, que dividiu as aulas em duas grandes partes: na primeira, os alunos reproduziram uma experiência previamente planeada por um grupo de professores, recolheram dados relativos às grandezas físicas envolvidas na actividade e registaram esses dados de maneira adequada; na segunda parte, os alunos analisaram os dados obtidos construindo gráficos, realizando cálculos e respondendo a questões previamente determinadas no roteiro. No final das aulas produziram um relatório da actividade. Os autores seleccionaram uma das actividades para procederem a uma transcrição das intervenções dos alunos. Por considerarem que o modelo de Toulmin (1958) não se mostrou suficientemente adequado em situações não planeadas para desenvolver a argumentação os autores recorreram a uma adaptação do modelo que considerava para o elemento Dado duas categorias: dado fornecido e dado obtido. Sendo o dado obtido classificado como dado empírico ou como dado hipotético, conforme a natureza experimental ou teórica da sua procedência. Esta última subcategoria foi substituída por Villani e Nascimento (2003) pela categoria dado resgatado porque, na argumentação dos alunos, observaram o uso de declarações baseadas em interpretações de factos do quotidiano e em impressões provenientes dos nossos sentidos, que foram validadas pelo senso comum e resgatadas em um determinado momento para servir de base para uma conclusão. Assim, os dados resgatados são, de facto, provenientes do conhecimento prévio sobre um dado assunto (Villani & Nascimento, 2003). Os outros elementos do modelo de Toulmin não sofreram qualquer modificação. Como resultado da investigação, os autores concluíram que o laboratório didáctico teve influência directa na argumentação dos alunos por proporcionar que os três tipos de dados referidos (dados fornecidos

pelo roteiro, dados empíricos obtidos através da actividade experimental, e dados resgatados) apareçam no discurso em que estavam inseridos os argumentos. O dado empírico aumenta a probabilidade de ocorrência de argumentos cuja estrutura se aproxima bastante da estrutura dos argumentos científicos. Contudo, os argumentos produzidos pelos alunos no laboratório didáctico, ao contrário dos argumentos científicos, não estão baseados em razões que permitam escolher, entre as várias hipóteses ou modelos teóricos possíveis, os mais adequados. Os argumentos que surgiram estavam relacionados com a necessidade de se escolher uma resposta para um problema ou para uma determinada questão proposta no contexto escolar. Os autores concluíram que a situação estudada aponta para um género discursivo específico que pode ser identificado pela presença de argumentos que utilizam, na sua estrutura, dados empíricos para contrapor a uma opinião defendida por argumentos baseados em dados resgatados do quotidiano dos alunos. Os autores destacam a importância dos argumentos produzidos no laboratório didáctico, que podem possuir diversos graus de complexidade e apresentar uma lógica de raciocínio escolar potencialmente capaz de mediar a aquisição de uma forma de argumentos científicos a partir de argumentos do quotidiano.

Também Clark e Sampson (2008) desenvolveram um estudo em que tiveram em conta os elementos de um argumento segundo Toulmin (1958), mas complementaram a análise da estrutura dos argumentos com a análise da qualidade conceptual dos comentários dos alunos e da qualidade das justificações apresentadas, tendo desenvolvido ferramentas de análise para esse efeito. O estudo envolveu 84 estudantes de quatro turmas de Física, nos EUA, que participaram em discussões *on-line*. Os estudantes trabalharam, em pares, durante duas semanas e realizaram um conjunto de oito actividades. Durante as primeiras actividades recolheram dados sobre a temperatura de objectos que se encontravam dentro de uma sala e exploraram questões relacionadas com transferência de energia, condutividade térmica e sensação térmica. Depois, foi-lhes pedido para desenvolverem um princípio que explicasse porque razão os objectos na mesma sala estavam à mesma temperatura. Em seguida foram incentivados a fazer uma análise crítica, avaliação e revisão das suas ideias, através do contacto, em discussões *on-line*, com diferentes explicações competitivas apresentadas por pares de colegas com pontos de vista diferentes. Os investigadores analisaram os comentários dos alunos em termos da qualidade formal e conceptual das justificações apresentadas. A qualidade formal das justificações apresentadas foi classificada em quatro níveis, desde ausência de justificações até presença de justificações com coordenação de diferentes tipos de evidência. A qualidade conceptual dos comentários também foi classificada em quatro níveis, conforme as concepções cientificamente correctas ou incorrectas em que se

basearam. Depois de classificar os comentários relativamente à qualidade das justificações e à qualidade conceptual, os investigadores tentaram caracterizar o conflito entre os participantes, do ponto de vista estrutural, definindo seis níveis de oposição (desde ausência de oposição, no nível mais baixo, até presença de refutações múltiplas, com pelo menos uma refutação das justificações). A análise dos comentários dos alunos mostrou que cerca de metade não incluíam qualquer tipo de justificação e que a maioria as justificações não se apoiavam em evidências e, ainda, que raramente foram combinadas evidências múltiplas. Os episódios com mais alto nível de oposição (refutações múltiplas e refutação das razões) apresentaram qualidade conceptual de nível superior e também justificações de nível superior. De facto, entre os episódios com ausência de oposição, apenas 21% se situaram nos níveis mais altos de qualidade conceptual e apenas 24% apresentavam justificações. Contudo, nos episódios classificados no nível mais alto de oposição estas percentagens subiram para 60% e 67%. Segundo os autores, os resultados sugerem que a participação dos alunos em discussões em que ocorrem mais refutações contribui para comentários de mais alto nível conceptual e que a forma como foram fomentadas as discussões, através do processo *on-line*, constituiu efectivamente um incentivo para os estudantes justificarem as suas ideias e contestarem ideias de outros, recorrendo a razões e refutações.

Von Aufschnaiter *et al.* (2008) analisaram como é que, nas aulas baseadas na argumentação, os estudantes incorporaram o seu conhecimento sobre conteúdos específicos e melhoraram a sua compreensão das ciências, e em que medida a quantidade e a qualidade dos argumentos é influenciada pelo conhecimento que os estudantes possuem dos conteúdos científicos específicos. Para o efeito, analisaram argumentos de alunos, do ensino secundário, leccionados por quatro professores previamente treinados para promover a argumentação, através de uma vídeo gravação focalizada em dois grupos de estudantes em cada turma. Estes autores também classificaram os argumentos com base na presença ou ausência do elemento refutação. Contudo, a par desta classificação, por defenderem que o desenvolvimento conceptual implica a capacidade de integrar e relacionar diferentes aspectos do conhecimento, classificaram as contribuições individuais dos estudantes em quatro níveis de abstracção (no nível mais baixo o aluno descreve o fenómeno mas não o relaciona com conteúdos/teorias e no nível mais alto o aluno estabelece uma rede de relações entre variáveis). Os autores concluíram que os alunos só se envolvem na argumentação em conteúdos que lhes sejam familiares, podem revelar capacidade de argumentação quando têm um baixo domínio do conteúdo mas não conseguem argumentar na ausência de conhecimentos sobre o assunto em causa. Constataram, também, que a argumentação não conduz à construção de novo

conhecimento, mas parece ter contribuído para um desenvolvimento mais rápido das ideias e designadamente das ideias que os alunos já possuíam, as quais aumentaram o nível de abstracção. Embora a investigação não tenha mostrado, de modo explícito, como é que a compreensão dos conceitos científicos pode ser promovida através da argumentação, os autores consideram que ela contribuiu para uma melhor compreensão do relacionamento entre a argumentação e a aprendizagem das ciências.

Nos estudos que acabam de ser referidos, foi ponderado o uso do modelo de Toulmin (1958) que ou foi posto de lado, por não ser considerado adequado, ou foi adaptado. Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999) não consideraram o modelo adequado, nem à estrutura do diálogo nem ao tipo de evidência e premissas usadas pelos alunos, optaram pelo uso de alguns dos argumentos/esquemas de raciocínio apresentados por Walton (1996). Kelly e Takao (2002) consideram que o modelo de Toulmin (1958) não é adequado à análise do discurso em cadeias amplas e complexas de raciocínio, por não ter em conta que o grau de abstracção das conclusões pode variar ao longo de uma cadeia de raciocínio. Também Von Aufschnaiter *et al.* (2008) se preocuparam com o grau de abstracção complementando a análise dos aspectos estruturais dos argumentos que se apoiou no modelo de Toulmin, com uma análise do conteúdo em que tiveram em conta o grau de abstracção das contribuições dos alunos. Clark e Sampson (2008) complementaram a análise dos aspectos estruturais com a análise da qualidade conceptual dos comentários dos alunos. Todos estes autores desenvolveram ferramentas que constituem contributos para análise e avaliação de diferentes aspectos dos argumentos produzidos pelos alunos. Algumas destas ferramentas de análise apresentam alguma complexidade sendo adequadas para a análise de argumentos que apresentam também alguma complexidade.

2.5.2.3. Estudos que não referem o modelo de Toulmin

Entre as várias investigações que realizaram uma avaliação das práticas argumentativas sem fazerem qualquer referência ao modelo de Toulmin, serão referidas, primeiramente, aquelas que foram realizadas com alunos da escola primária, depois as que têm em comum o facto de os alunos realizarem actividades laboratoriais, em seguida as que envolveram professores e finalmente, outras em que foram analisadas, não só as interacções verbais entre os alunos, mas também actividades de escrita, em alguns casos realizadas com recurso às novas tecnologias.

Sorsby (1995) fez uma investigação com o objectivo de estudar a maneira como as crianças de 10 e 11 anos usam argumentos e evidências nas interações dentro dos grupos, em contextos de ensino em que são colocadas questões, e a maneira como as ideias científicas das crianças mudam como resultado destas interações. No âmbito dessa investigação promoveu-se a argumentação dos alunos em torno de actividades laboratoriais realizadas no contexto de um debate sobre um acontecimento histórico - o afundamento do navio Mary Rose. Este contexto funcionou como um fórum de discussão e argumentação, em que os alunos, em grupo, foram solicitados a apresentar explicações para este acontecimento e previsões para os resultados de testes experimentais que seguidamente seriam levadas a cabo pelos alunos. Após a realização das actividades foi novamente promovido o debate acerca dos resultados obtidos, sendo que uns grupos deviam assumir um ponto de vista crítico sobre os resultados obtidos por outros grupos. Os alunos tiveram de ser encorajados para isso, pois estavam habituados a discutir nas aulas de língua materna mas não nas aulas de ciências. Contudo, à medida que foram encorajados, uma maior gama de ideias e pontos de vista críticos foram sendo apresentados. O autor concluiu que a mera apresentação de resultados obtidos são insuficientes para fazer as crianças mudar as suas ideias e que essa mudança requer o debate e a argumentação em torno dos resultados obtidos através das actividades laboratoriais. Todavia, Sorsby (1995) considera que não ficou claro até que ponto as actividades e o debate a elas associado contribuíram para mudar as ideias do alunos e que o efeito, tanto da discussão informal como do trabalho prático sem discussão, na mudança de ideias, necessitaria de ser explorado de modo mais completo.

Em outra investigação, com 24 alunos ingleses de 10 e 11 anos de idade, Sorsby (1999a) explorou as potencialidades de um instrumento que elaborou para avaliar o desempenho das crianças na argumentação em contextos científicos. Neste estudo tomou como base o ponto de vista segundo o qual um argumento é uma série de afirmações interligadas que definem uma posição e que, por vezes, tomam a forma de intercâmbio na discussão ou debate, apresentando-se, usualmente, como uma cadeia de raciocínio. No instrumento que elaborou, Sorsby (1999b) considerou dois níveis de argumentação, compreendendo, cada um deles, vários sub-níveis (três sub-níveis no primeiro e quatro no segundo). No nível 1, a atitude da criança é auto-centrada e só no último sub-nível do nível 1 a criança começa a apresentar exemplos apropriados para suportar o seu ponto de vista; no nível 2 já se verifica uma atitude metacognitiva. Todavia, no primeiro sub-nível do nível 2, a criança que já começa a usar estratégias para clarificar e persuadir e já dá atenção aos pontos de vista opostos, ainda fica dependente da sua posição, mesmo quando a evidência está a

favor da mudança. É no segundo sub-nível do nível 2 que a criança começa a considerar a possibilidade de mudar de posição, passando depois a sustentar a argumentação de forma mais intensa, usando uma refutação cuidadosa, com consistência lógica, fazendo contrastes, comparações e analogias e utilizando dados mensuráveis da experimentação. Na investigação realizada por Sorsby (1999 a), os alunos trabalharam em grupos de quatro que foram encorajados a discutir com a participação do investigador. Em todos os grupos de trabalho os alunos sugeriram a recolha de dados, mas só em metade dos grupos apareceram sugestões para realizar medições rigorosas. Também a necessidade de converter os resultados das medições em evidência persuasiva foi sugerida apenas por três alunos em grupos distintos. No entanto, os resultados mostraram que os alunos podem argumentar com sucesso em contextos científicos, clarificando ideias, resolvendo diferenças entre argumentos e usando estratégias para persuadir os outros. A análise da gravação vídeo, mostrou que crianças de onze anos podem ser encorajadas a apresentar evidências, nomeadamente de tipo matemático, quando reconhecem que isso é necessário para argumentar a favor ou contra um caso durante um debate oral. Segundo Sorsby (1999a), alguns aspectos associados ao nível 2 não foram manifestados por todos os alunos, mas a maioria foi capaz de sustentar a argumentação, permitindo-se ser persuadidos por si próprios, ou pelos seus pares. Dado que, durante o estudo, verificou que os indivíduos se deslocaram, de modo não sequencial, através dos vários níveis e subníveis, o autor considera que o modelo utilizado deve ser usado com flexibilidade, visto que, embora sendo um modelo hierárquico, parece não estar necessariamente relacionado com a idade.

Com o propósito de obter um ponto de vista crítico e naturalista das interações, no laboratório, dos estudantes de um curso introdutório de Química numa Universidade da Califórnia, Ball (1999) levou a cabo uma investigação que envolveu dois grupos, um que seguiu um formato tradicional de aulas e outro que seguiu um formato cooperativo. Ambos os grupos usavam nas aulas teóricas o mesmo livro de texto, embora tivessem diferentes professores. No formato tradicional, os estudantes realizaram, em grupo, actividades publicadas num manual e cujos procedimentos foram estritamente seguidos. Os estudantes do laboratório cooperativo trabalharam em grupos de três ou quatro, realizaram actividades com grau de abertura elevado e elaboraram um poster no final das suas actividades. Os dados recolhidos através de vídeo-gravações e de entrevistas mostraram que, em ambos os grupos, o discurso sobre o uso da evidência esteve quase ausente. De facto, os alunos que trabalharam no formato tradicional pouco se referiram à evidência que servia de suporte aos conceitos envolvidos na actividade, e os alunos que trabalharam no formato cooperativo, através dos

diferentes e repetidos procedimentos, raramente consideraram os resultados das suas acções como evidência. A diferença entre observação e evidência também não foi expressa pelos estudantes, parecendo não ser do seu conhecimento. Os estudantes não foram capazes de traduzir a observação em evidência, precisando de ser ajudados a inteirar-se de como essa conversão pode ser feita. No domínio do uso da teoria, os resultados do estudo mostraram que, quer no grupo tradicional quer no laboratório cooperativo, se verificou a verbalização do uso da teoria. As acções envolvidas na realização das experiências implicaram o uso da teoria e este uso teve de ser verbalizado. Os resultados mostraram, também, que a necessidade de incorporar, no estudo, ideias e conceitos científicos parece ser facilitada pelo trabalho em grupo e pode constituir-se como uma parte natural da actividade laboratorial.

O estudo de Tapper (1999) incidiu sobre a maneira de falar e a conversa, no laboratório, de trinta alunos do segundo ano do ensino superior de uma universidade australiana, quando realizavam actividades práticas de microbiologia, assunto que os alunos abordavam pela primeira vez. A análise qualitativa das conversas dos alunos revelou que elas incidiam numa diversidade de tópicos, tendo-se, contudo, verificado que tópicos de cariz puramente social ocorreram com pouca frequência e que foi sobre o modo de proceder que se verificou maior incidência das interacções verbais entre alunos. A análise das gravações das conversas dos alunos permitiu, também, constatar que estes falaram de modo muito informal quando se referiam a tópicos científicos ou da actividade laboratorial. Tapper (1999) comenta que é conhecida a resistência dos estudantes a usarem linguagem de especialistas e considera que, uma vez que estes estudantes ainda não estavam destinados a ser microbiologistas, podem ter sentido que a linguagem científica seria pretenciosa na conversa de uns com os outros. Segundo o autor, a análise das conversas no laboratório pode mostrar aos professores que tipo de tópicos são mais focados e como é que os alunos falam sobre eles, permitindo, ainda, obter informação sobre a forma como utilizam o tempo ou sobre as preocupações que têm face a algum aspecto do trabalho. O conhecimento destes assuntos poderá lançar luz sobre a eficácia do trabalho laboratorial e ajudar a induzir nos estudantes comportamentos de cientistas profissionais.

Nas investigações que acabamos de referir foram analisadas as conversas dos alunos durante as suas actividades práticas em ambiente laboratorial. Essa análise mostrou que, nesse contexto, é possível fomentar práticas de discussão nos grupos de trabalho e mostrou, também, a forma como os alunos usam as teorias e os diferentes tipos de evidência, o que tem de ser tido em conta na análise e avaliação das interacções verbais e argumentação dos alunos. Seguidamente, vão

ser referidos alguns estudos que incidiram, não só sobre o discurso oral ou argumentação mas também que fomentaram e analisaram a escrita, quer através de relatos de observações ou de relatórios de actividade laboratorial, quer através do registo de argumentos, realizado em software computacional, individualmente ou em colaboração.

Lawson (2002) fez um estudo que envolveu 22 futuros professores de Biologia com o objectivo de avaliar o desempenho na elaboração de argumentos hipotético-preditivos que envolvem relações causais, quando a causa hipotética apresenta um grau de abstracção/complexidade variável, e de identificar tipos de argumentos deficientes. Os futuros professores foram submetidos a um pré-teste que incidiu sobre a sua capacidade de distinguir entre hipóteses, predições, resultados observados e conclusões. Depois, foram introduzidos ao uso de argumentos hipotético-preditivos, num contexto de testagem de hipóteses, em conteúdos distintos daquele que foi considerado na actividade que iriam realizar no âmbito do estudo. Finalmente, realizaram uma actividade sobre combustão de uma vela e foi-lhes solicitada a realização de um relatório da actividade laboratorial, no qual, para cada hipótese apresentada sob a forma hipotético-preditiva, deviam registar evidências e argumentos. Esta maneira de proceder apoiou-se na ideia, defendida pelos autores, de que, para ser útil, uma hipótese deve sugerir qual a evidência que a suporta e qual a evidência que a refuta, pois só assim uma hipótese que não pode ser testada e ser útil em ciências. A análise dos argumentos escritos pelos futuros professores revelou um considerável sucesso quando estes formularam hipóteses em que podiam manipular causas observáveis. Contudo, quando as causas não eram observáveis, o desempenho dos mesmos piorou, tendo surgido argumentos deficientes. Assim, os autores consideram que a prática da argumentação hipotético-preditiva em contextos de causas não observáveis deve ser precedida de uma prática em contextos em que as causas são observáveis, pois quando a causa hipotética não é observável, não só é mais difícil de conceptualizar como também a manipulação experimental não é directa. No que diz respeito ao segundo objectivo, os argumentos deficientes, depois de identificados, foram classificados em três tipos: argumentos em que os elementos estão em falta ou são confusos, argumentos cujas predições não são consequência das hipóteses e dos testes planeados, argumentos que falham na consideração de hipóteses alternativas. Os autores consideram que estas falhas parecem reflectir uma falta de conhecimento dos papéis desempenhados pela hipótese e pela predição nos processos de testagem, e que as razões para as dificuldades dos futuros professores podem residir na persistência de concepções incorrectas, pois, no início, quase todos confundiam hipótese com predição.

Santos *et al.* (2001) realizaram um estudo de caso, no Brasil, com o objectivo de analisar a forma como um professor introduziu aspectos sociocientíficos na sala de aula, com o propósito de desenvolver a prática de argumentação dos 35 jovens, de 15 a 17 anos, que participaram no estudo. Uma vez em cada dois meses, o professor promoveu a discussão de temas sociocientíficos, sendo os alunos solicitados a apresentar os seus pontos de vista bem como as razões que os sustentavam. Nestas aulas, a intervenção do professor devia ter, fundamentalmente, a função de, com base no diálogo, gerar a discussão, para que as ideias dos alunos fossem exploradas e estes entendessem a natureza dos seus argumentos e do conhecimento científico. Os investigadores desenvolveram um sistema de categorização para as intervenções do professor que incluía três categorias: as que provocavam a participação, as que organizavam o debate e as que respondiam aos alunos. Na análise das intervenções do professor os investigadores constataram que a grande maioria das intervenções do professor (80%) foi dedicada a provocar a participação dos alunos, e que muito poucas (5%) foram dedicadas à organização do debate. No que diz respeito à promoção da argumentação dos alunos, que deviam justificar os seus pontos de vista, os investigadores constataram a ausência, por parte do professor, quer de um suporte que conduzisse à avaliação dos argumentos, quer de intervenções que contribuíssem para facilitar a compreensão da natureza das ciências. Assim, a análise das intervenções do professor levou os investigadores a concluir que a prática do professor iniciou os alunos no processo de argumentação, mas não constituiu uma ajuda para que estes entendessem a natureza nem dos argumentos nem do conhecimento científico.

Tomkins e Tunnicliffe (2001) realizaram, no Reino Unido, um estudo com o objectivo de explorar a forma como as tarefas de discussão aberta e as tarefas de escrita diária, acerca de fenómenos observados, podem contribuir para formar as estruturas cognitivas dos alunos. O estudo envolveu dezasseis alunos de doze anos, pertencentes a quatro escolas, que trabalharam em grupos de quatro voluntários (dois rapazes e duas raparigas) em actividades laboratoriais de carácter extracurricular, num clube de ciências. Numa primeira etapa, os alunos realizaram uma actividade totalmente definida pelo professor, fizeram observações, em grupo, de um ecossistema contido num recipiente fornecido a cada grupo, e foi-lhes pedido que conversassem sobre o que pensavam estar a acontecer no interior do recipiente; numa segunda etapa, após esta tarefa de observação, realizaram uma actividade de investigação no decurso da qual os alunos de metade das escolas elaboraram diários escritos da observação de um ecossistema idêntico que levaram para casa durante duas semanas. Os dados foram recolhidos através de gravações áudio dos relatos orais dos grupos de trabalho e dos relatos orais individuais que cada aluno foi solicitado a fazer no final de

cada uma das semanas em que decorreu a actividade de investigação, e, também, através dos oito diários elaborados pelos alunos de duas das escolas. A análise dos comentários dos alunos mostrou que aqueles que elaboraram diários deram mais atenção ao comportamento dos seres que constituíam o ecossistema e que a diferença, entre estes alunos e os outros, foi estatisticamente significativa. No que toca à atenção dada pelos alunos aos processos científicos (interpretações, hipóteses, etc.) não foi encontrada diferença entre os grupos que elaboraram diários e os que não elaboraram. Foi confirmado que a escrita diária funcionou como uma discussão reflexiva e interpretativa, do aluno consigo mesmo, que contribuiu para que as suas interpretações fossem desenvolvidas até à formulação de hipóteses. Assim, as concepções individuais iniciais foram subsequentemente desenvolvidas nos diários e, mais tarde, na discussão em grupo, os alunos mostraram processos bem desenvolvidos de pensamento exploratório decorrente da observação pessoal. Os resultados mostraram, também, que no decurso das actividades, os alunos se deslocaram de observações espontâneas para actividades crescentemente interpretativas, recorrendo à informação obtida na escola para explicarem aquilo que observaram.

Keys (2000) realizou uma investigação com o objectivo de examinar o processo de pensamento em voz alta de dezasseis alunos do oitavo ano de uma escola de um meio rural no sudeste dos E.U.A. durante a realização de relatórios laboratoriais e a possibilidade da escrita contribuir directamente para a aprendizagem das ciências. Foi usada uma estratégia "Science Writing Heuristic" que proporciona orientações para apoiar a atitude metacognitiva dos estudantes na ligação da compreensão da actividade laboratorial com o relatório escrito. A análise dos registos áudio do pensamento, em voz alta, de parte dos estudantes não mostrou qualquer evidência de uma prática de resolução de problemas. Cinco dos alunos limitaram-se a dizer as palavras, em voz alta, à medida que escreviam, transcrevendo informação directamente da memória para a escrita sem evidenciarem reflexão e dois alunos empenharam-se apenas numa planificação prévia, especificando a sequência e organização da sua escrita. Contudo, a maioria mostrou outro tipo de atitudes, e capacidades, designadamente ao nível de resolução de problemas, incluindo a formulação de hipóteses, a análise de padrões nos dados e a apresentação de afirmações conclusivas como resposta à necessidade de preparar o conteúdo da escrita. Durante a realização dos relatórios escritos, o padrão de pensamento mais comum que foi observado mostrou que o aluno, depois de começar a escrever, teve necessidade de voltar ao âmbito do conteúdo para gerar hipóteses, evidências, significados e afirmações conclusivas e para prosseguir na escrita. Assim, parece que o

pensamento em voz alta está relacionado com a qualidade dos produtos escritos, e que a escrita pode estimular a aprendizagem das ciências.

Num ambiente de sala de aula em que foi introduzida a conversa e também a escrita, para estimular e sustentar a mudança conceptual no domínio das ciências, Mason (2001) realizou um estudo qualitativo com uma turma de doze alunos italianos com cerca de nove e dez anos. Com este estudo pretendia entre outros objectivos: verificar se os alunos se podem envolver num raciocínio colaborativo para a construção de conhecimento mais avançado sobre novos tópicos; verificar se existem mudanças na estrutura conceptual dos alunos como resultado das actividades que atribuem importância crucial ao discurso oral e à escrita; e analisar qual a percepção que os alunos têm do significado das actividades de conversa e de escrita na construção do conhecimento. Foi criado um contexto educacional que envolveu os alunos em discussões em pequeno grupo ou em grupo turma, e lhes deu oportunidades para: exprimirem e compararem o seu conhecimento prévio relativamente a um fenómeno específico, preparando uma base comum para a construção colaborativa do conhecimento; formularem e compararem hipóteses antes de levar a cabo uma experiência; examinarem dados empíricos à luz de predições prévias; e elaborarem e partilharem sínteses para promover uma explicação para um fenómeno. Os dados foram recolhidos através de gravações áudio das discussões de grupo e das entrevistas pré e pós instrução, e das produções escritas individuais. A análise dos dados mostrou que os alunos foram capazes de discutir, em grupo, sobre um objecto específico do conhecimento, alcançando altos níveis de raciocínio e argumentação, sendo capazes de avançar afirmações conclusivas, oposições, justificações e contraposições, bem como de negociar e renegociar ideias e de construir no plano inter-psicológico novo conhecimento com explicações mais avançadas. Os estudantes que compartilharam o pensamento colaborativo alcançaram níveis mais elevados de compreensão dos assuntos, mudaram concepções prévias e aprenderam novos conteúdos científicos. No que diz respeito à percepção dos alunos sobre o significado das actividades realizadas, eles reconheceram, entre outros aspectos que: para sustentarem uma conclusão, tiveram necessidade de reflectir continuamente, e que coordenar a teoria e a evidência; após a crítica exercida por outros alteraram as ideias reconhecidas como incorrectas. Assim, pode dizer-se que os dados forneceram evidências de que quer o raciocínio e argumentação colaborativa quer a expressão escrita individual tiveram um papel relevante no progresso conceptual dos alunos envolvidos.

O objectivo do estudo realizado, no Canadá, por Rivard e Straw (2002) foi investigar o papel da conversa e da escrita na aprendizagem das ciências e na retenção do conhecimento, quer do

conhecimento simples (factos, conceitos, terminologia), quer do conhecimento integrado (relações entre os conceitos, explicações e aplicações). Foram envolvidos na investigação quarenta e três estudantes aleatoriamente distribuídos em quatro grupos: um grupo de controlo e três grupos de experiência. Estes três grupos receberam tarefas de resolução de problemas que envolviam construção de explicações científicas para aplicações de conceitos ecológicos em situações do mundo real. O grupo de controlo recebeu simples tarefas descritivas sobre os mesmos conteúdos. Um dos grupos de experiência, discutiu os problemas em pequenos grupos; outro grupo discutiu os problemas em pequenos grupos, antes de escreverem individualmente as suas explicações; no terceiro grupo, os alunos responderam a cada uma das tarefas, individualmente e por escrito, sem previamente terem nenhuma discussão com os seus colegas. Os dados foram obtidos com base em gravação vídeo das sessões de trabalho e em testes de escolha múltipla, questões de pequeno desenvolvimento e mapas de conceitos, aplicados em três momentos distintos: pré-teste, pós-teste imediatamente depois de trabalhada a unidade didáctica e, também, depois de um intervalo de seis semanas, para avaliar a retenção. Os testes de escolha múltipla tinham metade de questões sobre conhecimento simples e metade sobre conhecimento complexo. A análise dos resultados mostrou que o grupo de “discussão e escrita” e o grupo de “apenas discussão” foram os que obtiveram melhores resultados no teste de conhecimentos que incluía conhecimento simples e complexo. O grupo de controlo e o grupo “apenas escrita” ocuparam o terceiro ou quarto lugares. A análise dos dados sugeriu, também, que a discussão combinada com a escrita proporciona melhor retenção do conhecimento complexo ao longo do tempo, embora pareça não ter efeito na retenção do conhecimento simples. Segundo Rivard e Straw (2002), os resultados confirmam que uma estratégia que use, separadamente, a conversa e a escrita não é tão útil como uma estratégia que combine as duas; o uso da conversa é importante para gerar, clarificar, partilhar ideias e o uso da escrita pode ser uma ferramenta poderosa para a estruturação individual do conhecimento.

Munneke, Amelsvoort e Andriessen (2003) fizeram uma investigação, num contexto de aprendizagem colaborativa apoiada por computador, em que usaram um software apropriado que funcionou como suporte para a elaboração de textos escritos e diagramas argumentativos. A investigação envolveu estudantes do ensino secundário, nos Países Baixos, e foi realizada com o objectivo de comparar a influência da construção individual de diagramas, antes da discussão, e da construção colaborativa de diagramas, durante a discussão, na forma como os estudantes exploram o espaço de debate proporcionado pelo software. Os autores constituíram dois grupos de dez pares de estudantes seleccionados entre 126 pares de cinco escolas. Dez pares começaram por proceder

a uma leitura individual, construíram argumentos e contra-argumentos, e antes da discussão, elaboraram um diagrama individual com ajuda do software; em seguida foram agrupados em pares de alunos com opiniões divergentes, e foi-lhes solicitado que escrevessem um texto argumentativo, reflectindo a sua opinião conjunta; por fim cada aluno voltou ao diagrama que tinha construído e ajustou-o ao seu pensamento depois do debate. No outro grupo de dez pares, os alunos realizaram uma leitura individual e passaram à discussão em pares. Durante a discussão, com ajuda do mesmo software, construíram colaborativamente um diagrama que reflectiu essa discussão; só depois, tendo presente, quer a informação inicial quer o diagrama, escreveram, em colaboração, um texto argumentativo. Entre os resultados desta investigação salienta-se o facto de que os alunos que fizeram uma construção individual dos diagramas falaram mais das suas opiniões pessoais e usaram expressões do tipo “concordo” ou “não concordo” com mais frequência. No caso da construção colaborativa de diagramas, estas expressões foram menos frequentes porque todos os argumentos estavam a surgir de novo. Isto mostrou que a preparação individual estimulou os estudantes a conversarem sobre as suas opiniões. Além disso, os diagramas individuais foram usados sobretudo como fontes de informação, visto que muitos estudantes foram buscar dados para a discussão ou para a escrita aos seus diagramas, ou aos dos seus pares. No grupo em que os diagramas foram elaborados durante a discussão, constatou-se que estes eram caóticos, e que, nos casos em que estavam mais estruturados, apenas um estudante tinha o controlo do diagrama. Também foi constatado que, apesar de, em ambos os grupos, os alunos terem apresentado possíveis argumentos e os terem explicado, tanto a sustentação como a refutação foram pouco frequentes. As concordâncias e discordâncias entre os elementos do grupo foram seguidas de rápida aceitação das ideias dos outros, em vez de resultarem da negociação. A este propósito, os autores referem que o uso da argumentação é difícil em particular quando se pretende sustentar ou rebater argumentos, por isso, os estudantes fazem uma mera troca de argumentos em vez de os relacionarem entre si.

Nas investigações que acabam de ser referidas, a discussão e/ou da argumentação foram associadas ao uso da escrita. Pode dizer-se que os resultados destas investigações parecem confirmar que os efeitos da actividade oral e da escrita são complementares. Na verdade, Keys (2000) mostrou que o pensamento em voz alta está relacionado com a qualidade dos produtos escritos; Mason (2001) encontrou evidências de que o raciocínio e argumentação colaborativa, bem como a expressão escrita individual tiveram um papel relevante na mudança conceptual; Tomkins e Tunnicliffe (2001) mostraram que a escrita diária funciona como uma discussão reflexiva e

interpretativa do aluno consigo mesmo, contribuindo para o desenvolvimento das interpretações e a formulação de hipóteses; Rivard e Straw (2002) mostraram que os efeitos da actividade oral e da escrita são complementares e sugerem a existência de uma relação dialéctica entre conhecimento socialmente mediado através da linguagem e o conhecimento alcançado através da reflexão individual, Munneke, Amelsvoort e Andriessen (2003) mostrou que a maneira como é usada a escrita (individual ou colaborativa) se reflecte na forma como os estudantes apresentam os seus argumentos.

Dado que os alunos precisam de apoio e orientação na construção de bons argumentos e que cabe aos professores o papel de desencadear a discussão argumentativa (Osborne *et al.*, 2001), torna-se necessário aprofundar a investigação sobre o tipo de intervenções pedagógicas que os professores devem usar para auxiliar a melhorar a qualidade da argumentação dos alunos, o que implica não só promover a apresentação de argumentos, mas também, fomentar a avaliação desses argumentos (Santos *et al.*, 2001). Se os professores começarem a questionar os seus alunos fazendo intervenções para que eles expliquem os seus pontos de vista e apresentem as razões que os justificam poderá ser iniciada uma mudança na prática da argumentação em sala de aula (Santos *et al.*, 2001). A argumentação não é um mero confronto de pontos de vista, mas sim, a produção de opiniões acompanhada por razões a favor ou contra, combinadas com a interrogação, a clarificação, a explicação e a ratificação. O seu interesse pedagógico reside precisamente no facto de não consistir apenas em persuadir mas antes em envolver a procura e a resolução de diferenças de opinião (Van Eemeren & Grootendorst, 1992).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Introdução

Neste capítulo, depois de apresentada uma síntese da investigação (3.2), procede-se a uma descrição do estudo piloto (3.3), seguidamente é caracterizado o tipo de desenho pelo qual se optou no presente estudo e é justificada essa opção (3.4), é identificada e caracterizada a população e a amostra (3.5), são apresentadas as técnicas e instrumentos de recolha de dados (3.7) e, finalmente, é descrita a recolha de dados (3.8) e o tratamento dos mesmos (3.9).

3.2. Sinopse do estudo

Para responder às questões de investigação previamente apresentadas, compararam-se os efeitos de actividades realizadas em ambiente natural de sala de aula, mas em contextos laboratoriais distintos, susceptíveis de proporcionar diferentes situações de interacção entre alunos, bem como diferenças na apropriação dos conteúdos conceptuais e no desenvolvimento das ideias dos alunos acerca de conceitos relacionados com a argumentação em ciências (hipótese, evidência, conclusão, teoria, e argumento).

No ano lectivo 2002/2003, ano em que foi iniciado o trabalho de campo da presente investigação, estava a ser preparada a implementação do novo programa da disciplina de Física e Química do 10º ano, para ser introduzido em 2003/2004, no âmbito da Revisão Curricular do Ensino Secundário. Tendo em conta que, no âmbito desta Revisão Curricular, se recomenda que sejam incentivadas práticas argumentativas entre alunos decidiu-se dar um contributo para uma eficaz concretização dessa directiva, realizando um estudo com uma amostra seleccionada de entre a população dos alunos que frequentavam o 10º ano. Assim, como foi referido no primeiro capítulo, o trabalho de campo da presente investigação decorreu em sala de aula, com alunos do 10º ano de escolaridade, em disciplinas de técnicas laboratoriais, nos anos lectivos 2002/2003 e 2003/2004. As actividades seleccionadas para serem realizadas pelos alunos foram actividades relacionadas com os conteúdos programáticos da unidade Calor da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física e com os conteúdos programáticos da unidade Do Sol ao Aquecimento do programa da disciplina de Física e Química do 10º ano, actualmente em vigor.

Foi realizado um estudo de tipo quasi-experimental, envolvendo três grupos de investigação, cujos alunos realizaram actividades laboratoriais em três contextos laboratoriais distintos. Em cada um destes grupos de investigação os alunos foram organizados em pequenos subgrupos que serão designados por grupos de trabalho. Um dos grupos de investigação, grupo de controlo (FS), trabalhou num contexto laboratorial tradicional, realizando actividades fechadas, regidas por protocolos que continham uma descrição prévia exaustiva dos procedimentos a seguir, mas utilizou um SATD para proceder à recolha, registo e tratamento de dados. Os outros dois grupos realizaram actividades com maior grau de abertura, apoiadas por protocolos que exigiam que os alunos encontrassem uma forma de obter e obtivessem resposta a uma questão que lhes era apresentada. No entanto, havia diferenças entre as actividades realizadas por estes dois grupos: um dos grupos (AS) foi libertado da tarefa de recolha e registo de dados, através do recurso a um SATD, que pode fornecer gráficos em tempo real; o outro grupo (AT) usou instrumentos de medida tradicionais (termómetros) para efectuar a recolha de dados e procedeu ao registo manual dos mesmos e à elaboração dos respectivos gráficos. Para que fosse possível concretizar estes contextos de trabalho os grupos AS e FS foram previamente iniciados na utilização do SATD. Nesta iniciação, os alunos puderam analisar gráficos que iam sendo construídos em simultâneo com a ocorrência dos fenómenos e, assim, economizar o tempo que, em vez de ser dispendido na recolha e tratamento dos dados pelas vias tradicionais, podia ser usado para análise e discussão de previsões, observações e relações entre elas. Para cada uma das actividades foram elaboradas três versões da respectiva ficha de trabalho (protocolos), de acordo com o tipo de actividade e o tipo de equipamento usado em cada grupo de investigação (Anexos 1 e 2). As actividades desenvolvidas pelos três grupos envolvidos no estudo são caracterizadas no quadro 1.

Quadro 1

Caracterização das actividades realizadas pelos diversos grupos envolvidos no estudo

Características	das actividades realizadas	Grupo AS	Grupo AT	Grupo FS
Instrumentos	Recolha e registo de dados com um sistema de aquisição e tratamento de dados – SATD.	Sim	_____	Sim
de medida	Recolha e registo de dados usando instrumentos de medida tradicionais.	_____	Sim	_____
	Planificado pelos alunos.	Sim	Sim	_____
Procedimento	Descrito em protocolos fornecidos pelo professor.	_____	_____	Sim

A todos os grupos foi aplicado um mesmo questionário, usado como pré-teste (antes das intervenções) e como pós-teste (depois das mesmas). O pré-teste e o pós-teste constam de duas partes, uma que incide sobre conteúdos conceptuais e outra que incide sobre conceitos relacionados com a argumentação em ciências (hipótese, evidência, conclusão, teoria e argumento).

Imediatamente após o pré-teste os alunos dos grupos AS e FS receberam formação em SATD, e, seguidamente, foi proporcionada aos alunos de todos os grupos uma formação em argumentação. Através desta formação procurou-se que os alunos reconhecessem a importância de fundamentar as suas opiniões e conclusões, percebessem o que são argumentos bem estruturados e sentissem a necessidade de os usar durante as discussões a realizar nas actividades laboratoriais. Logo após esta formação inicial, para avaliar a eficácia da mesma, foi novamente aplicada a parte do questionário respeitante aos conceitos relacionados com argumentação, e procedeu-se a um reforço dessa formação no grupo FS em que a formação se mostrou menos eficaz. Seguiu-se a realização das actividades em que foram abordados os conteúdos científicos seleccionados para esta investigação e faziam parte dos conteúdos programáticos das referidas disciplinas.

Durante a realização das actividades laboratoriais, nos três grupos, foram feitas gravações das conversas e debates dos alunos, em pequenos grupos, e recolhidas as fichas de trabalho com os textos por eles produzidos sobre as mesmas actividades. Estes dados foram objecto de análise (qualitativa) de conteúdo.

Em síntese, o estudo compreendeu quatro fases:

- *Primeira fase* - Caracterização do estado inicial dos alunos no que diz respeito à apropriação de conteúdos conceptuais e dos conceitos relacionados com argumentação;
- *Segunda fase* – Preparação dos grupos AS e FS para a utilização do STAD; Formação dos três grupos (AT, AS e FS) em argumentação e aplicação do teste intermédio sobre conceitos relacionados com argumentação;
- *Terceira fase* – Aplicação dos tratamentos aos grupos AT, AS e FS, acompanhada de recolha de dados que, posteriormente, foram objecto de análise qualitativa, tendo em vista avaliar as práticas argumentativas dos alunos;
- *Quarta fase* - Caracterização do estado final dos alunos no que diz respeito aos mesmos parâmetros considerados na caracterização inicial.

3.3. Estudo Piloto

No segundo trimestre de 2002, foi levado a cabo um estudo piloto que teve como propósito, testar instrumentos de recolha de dados (sistemas de gravação das conversas, fichas de trabalho, pré-testes e pós-testes), desenvolver procedimentos de análise de dados e fazer uma análise e reflexão crítica sobre as actividades propostas aos alunos, com a finalidade de preparar as actividades laboratoriais a realizar no âmbito da experiência pedagógica que veio a constituir o ponto central do trabalho de campo da presente investigação.

Este estudo foi orientado por um desenho de tipo quasi-experimental, tal como o trabalho de campo que posteriormente foi realizado, e envolveu três grupos de alunos que realizaram actividades laboratoriais nos três contextos distintos já referidos.

Para o efeito, foram utilizadas duas turmas de 10^o ano na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física, uma da Escola Secundária Augusto Gomes, situada em Matosinhos, e outra da Escola Secundária da Maia. Tratava-se de duas turmas acessíveis à investigação, pois uma delas pertencia à escola onde leccionava a autora da presente tese e a outra era leccionada por uma professora que reconheceu o interesse da investigação e se disponibilizou para colaborar. Dado que nesta disciplina, com as turmas maiores, se trabalhava em regime de desdobramento e que, de acordo com o desenho da investigação, seriam necessários três grupos (AS, AT e FS), os grupos AS e AT foram constituídos apenas por um turno cada um, ou seja, por metade de uma turma da escola Augusto Gomes e o grupo FS foi constituído pela turma mais pequena da Escola Secundária da Maia. O grupo de controlo (FS) realizou actividades orientadas por protocolos predefinidos mas utilizou o SATD para efeitos de recolha e tratamento dos dados. Os outros dois grupos realizaram actividades de grau de abertura elevado, através das quais se fomentou a interacção entre alunos, desde a planificação da actividade, passando pela análise e interpretação de gráficos, até à reflexão sobre os resultados, e aos argumentos para fundamentar conjecturas ou conclusões. Contudo, um dos grupos de experiência utilizou o SATD (AS) e o outro usou termómetros (AT).

Se relativamente aos testes e às intervenções didácticas não se sentiu necessidade de introduzir grandes alterações, a análise das gravações das conversas dos alunos durante este estudo piloto fez sentir a necessidade de os alunos receberem formação em argumentação antes de passarem à realização das actividades laboratoriais. Dado que os alunos não se mostraram preparados para participar activamente numa discussão, pensou-se que seria necessária uma sensibilização de todos os alunos para o interesse das práticas argumentativas em ciências e uma

formação através da qual se conseguisse o seu envolvimento activo em práticas argumentativas, tendo em vista a elaboração de argumentos devidamente estruturados. Assim, a segunda fase do trabalho realizado com os alunos de todos os grupos, referida na sinopse do estudo, foi planeada e introduzida após a realização desta formação.

3.4. Caracterização do estudo

No presente estudo procurou-se combinar dois tipos de abordagem: quantitativa e qualitativa. Primeiramente vai ser justificada a opção por um desenho quasi-experimental (3.4.1), de seguida serão referidas as razões encontradas na literatura (Strauss & Corbin, 1990; Brannen, 1992; Bryman, 1992; Hammersley, 1992) para a combinação das duas abordagens e, também, com base em Bryman (1992), a opção pela introdução, num estudo quasi-experimental, de um estudo qualitativo para ajudar a explorar e compreender as relações entre variáveis constatadas através da abordagem quantitativa (3.4.2).

3.4.1. Justificação do desenho do estudo

Como já foi referido, os alunos trabalharam em ambiente natural de sala de aula, realizando actividades relacionadas com o currículo. Por isso, os grupos experimentais e o grupo de controlo tiveram de ser formados a partir das turmas de 10º ano cujos professores se disponibilizaram para colaborar na investigação. A distribuição aleatória dos sujeitos pelos diferentes grupos, que contribuiria para a não existência de diferença entre os mesmos, bem como para que os resultados não pudessem ser atribuídos a tal diferença (McMillan & Shumacher, 2006), não foi viável por ser incompatível com o trabalho em ambiente natural de sala de aula. Assim, em vez de se realizar um estudo experimental, realizou-se um estudo quasi-experimental que, como referem McMillan & Shumacher (2006), é comum nas situações que envolvem o uso de turmas, que são grupos intactos já organizados, para determinar efeitos de materiais ou métodos de trabalho. O facto de a amostra não ser aleatória, não torna os resultados inúteis ou não creíveis; apenas há que ter em conta que a sua validade se limita a sujeitos similares aos que estão presentes na amostra, não sendo possível a sua generalização para a totalidade da população (McMillan & Shumacher, 2006).

Para responder às questões de investigação relacionadas com a possível influência do grau de abertura das actividades realizadas e do uso do SATD na apropriação dos conteúdos conceptuais

e dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências, foi necessário proceder à comparação dos resultados obtidos por grupos de alunos que foram submetidos a diferentes condições de trabalho. Segundo McMillan e Schumacher (2006), a comparação entre sujeitos submetidos a diferentes condições tem o propósito de investigar possíveis relações de causa-efeito entre as condições manipuladas (no caso presente, grau de abertura das actividades e instrumentos de recolha de dados no laboratório) e os resultados obtidos (no caso presente, no pós-teste).

No ano lectivo de 2002/2003 só foi possível conseguir a colaboração de dois professores de Técnicas Laboratoriais de Física do 10º ano. Tendo em conta que nesta disciplina, com as turmas maiores, se trabalhava em regime de desdobramento dividindo-as em dois turnos, e que, de acordo com o desenho da investigação, seriam necessários três grupos (AS, AT e FS), cada grupo teria de ser constituído apenas por um turno, ou seja, metade de uma turma. Deste modo, os grupos de investigação ficariam constituídos por um reduzido número de alunos, a menos que se alargasse a amostra. Decidiu-se, então, que cada um dos grupos (AS, AT e FS) seria constituído por dois subgrupos que deveriam pertencer a turmas diferentes e ser leccionados por professores diferentes. Para este efeito, procurou-se, no ano lectivo de 2003/2004, a colaboração de outro professor. No entanto, nesse ano lectivo, tinham sido eliminadas as Técnicas Laboratoriais de Física e, pelo facto de a proposta de trabalho ser bastante extensa, incluindo várias actividades laboratoriais, não foi possível a sua concretização na disciplina de Física e Química. A opção de reduzir o tempo dedicado à proposta de trabalho não foi considerada adequada, pois implicaria redução do tempo dedicado às actividades laboratoriais abertas e, conseqüentemente, a redução das oportunidades para discussão entre os alunos. Decidiu-se, por isso, manter o plano de actividades e realizar o trabalho de campo na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química, ainda em vigor, no ano lectivo de 2003/2004. De facto, relativamente a esta disciplina, existiam orientações no sentido de, após a conclusão das actividades estipuladas no respectivo programa, os tempos lectivos sobrantes serem utilizados para as práticas laboratoriais de Física e, por isso, alguns professores desta disciplina mostraram-se disponíveis para colaborar no presente estudo. Para este efeito, solicitou-se, nesse ano lectivo, a colaboração de mais um professor que leccionava duas turmas de Técnicas Laboratoriais de Química.

Procedendo deste modo em todos os três grupos de investigação, passaram a integrar o estudo alunos que frequentaram o 10º ano em 2002/2003, antes da implementação do programa da disciplina de Física e Química, e alunos que frequentaram o 10º ano em 2003/2004, ano em que foi iniciada esta disciplina. Conseguiu-se, também, que, dada a impossibilidade de todos os

grupos serem leccionados pelo mesmo professor, fosse diminuída a influência do papel do professor nas possíveis diferenças obtidas nos resultados de cada grupo de investigação. A diminuição desta influência é importante pois, quando um professor X e um professor Y implementam um currículo não o fazem de igual forma nem se relacionam e influenciam os alunos do mesmo modo pelo que se deve considerar-se o professor como uma variável externa, visto não ser possível separar o efeito do professor e o efeito do tratamento (McMillan & Shumacher, 2006). As variáveis externas devem ser controladas para aumentar a validade interna do estudo e minimizar esta fonte de erro. Fazendo com que cada grupo de investigação tivesse alunos orientados por dois professores diferentes, tornou-se mais efectivo esse controlo, tendo em vista assegurar a validade interna do desenho da investigação.

Em resumo, de acordo com os critérios adoptados, o trabalho de campo referente à presente investigação decorreu durante o final do 2º e no 3º períodos do ano lectivo de 2002/2003, com as duas turmas de Técnicas Laboratoriais de Física (uma da Escola Secundária Augusto Gomes em Matosinhos e outra da Escola Secundária da Maia) e durante o 3º período do ano lectivo de 2003/2004, com as duas turmas de Técnicas Laboratoriais de Química, ambas da Escola Secundária Augusto Gomes.

Dado que interessava, não só, detectar a existência de uma relação entre as variáveis em causa mas, também, saber o que se poderia passar, nos pequenos subgrupos de trabalho, ao nível da interacção entre os alunos que ajudasse a compreender a existência dessa relação tornou-se necessário seguir a recomendação de Bryman (1992) e averiguar se as diferentes condições de trabalho dos grupos, durante a realização das actividades, dão origem a diferenças nas interacções verbais e nas práticas argumentativas dos alunos. Admitiu-se que tais diferenças podem ter contribuído para a existência da relação que se procurou detectar através da pesquisa quantitativa e que podem ajudar a compreender melhor essa relação.

Tendo em vista a análise das interacções verbais dos alunos em sala de aula, foi necessário proceder à gravação áudio das conversas de todos os subgrupos de trabalho. De facto verificou-se a disponibilidade dos alunos de todos os grupos de trabalho para a gravação que foi monitorizada pelos próprios alunos. Segundo Jiménez *et al.* (2003), os estudos sobre o discurso em sala de aula apresentam um carácter de estudo de caso e incidem sobre amostras pequenas em que os dados são recolhidos de forma continuada em períodos de, pelo menos, uma unidade didáctica. Tendo em conta este ponto de vista, procedeu-se à recolha dos registos escritos em cada grupo de trabalho ao longo de todas as actividades, e a gravação áudio decorreu durante a realização de todas as

actividades. No entanto, tendo em conta, o grande volume de dados recolhidos, decidiu-se seleccionar, para análise das interacções verbais dos alunos, a ficha de trabalho número quatro (Anexos 1 e 2), por ser aquela que incluiu maior número de actividades, prolongando-se por maior número de aulas, e porque incluía uma actividade que requeria uma reflexão sobre todas as outras, implicando o relacionamento das mesmas.

Os dados obtidos, através das gravações das conversas dos alunos e das fichas de trabalho relacionadas com as actividades laboratoriais, foram objecto de análise qualitativa de conteúdo. Procurou-se detectar diferenças entre os grupos no que diz respeito a comentários, interrogações, argumentos do debate e conclusões finais. Estas diferenças poderiam estar relacionadas com o facto de, durante as actividades laboratoriais, os alunos dos grupos que realizam as actividades com maior grau de abertura terem tido maior incentivo para discutir e confrontar opiniões do que aqueles que realizam actividades dirigidas, com baixo grau de abertura.

3.4.2. A integração das abordagens qualitativa e quantitativa

Tradicionalmente tem sido considerada a existência de um fosso entre a investigação quantitativa e qualitativa (Brannen, 1992). Alguns autores identificam os dois tipos de investigação com diferentes posições epistemológicas e, portanto, com diferentes formas de abordar aquilo que é, e deve ser, o conhecimento válido (Bryman, 1992). Talvez por isso, tem sido usado o termo paradigma para designar cada uma das abordagens (Bryman, 1992). Embora há quase duas décadas parte dos investigadores se assumisse como pertencente a um dos paradigmas e existisse muita controvérsia sobre as condições em que múltiplos métodos podem ser combinados (Brannen, 1992), cada vez mais os investigadores têm combinado métodos que se enquadram em cada um dos paradigmas. Na verdade, o debate acerca das abordagens quantitativa e qualitativa na investigação tem vindo a desenvolver-se pelo menos a partir de meados do século dezanove (Hammersley, 1992). Nessa época, discutia-se o estatuto científico das ciências sociais e a discussão centrava-se em torno da questão da quantificação, que era encarada como uma das ferramentas chave das ciências naturais. No século vinte, entre 1920 e 1930, decorreu nos Estados Unidos uma disputa entre os adeptos dos estudos de caso, encarados como qualitativos, e os adeptos dos estudos estatísticos (Hammersley, 1992) assumidamente quantitativos. Para este autor, esta disputa está na origem de muitas das divergências em torno dos métodos quantitativos e qualitativos.

Segundo Bryman (1992), a investigação quantitativa é marcada pelo modelo de investigação das ciências naturais na sua versão positivista; a investigação qualitativa é marcada por uma posição epistemológica que rejeita a adequação daquele modelo ao estudo das ciências humanas. Contudo, o autor considera que as duas abordagens não têm que se orientar, para sempre, de acordo com as suas posições epistemológicas originais. Hammersley (1992) sublinha que, ao contrário do que em tempos se aceitou, existe uma diversidade de métodos nas ciências naturais, bem como diferenças significativas entre Física e Biologia e, até dentro de uma dada disciplina.

A distinção mais comum entre as duas abordagens situa-se ao nível dos métodos, e, mais concretamente, do processo de recolher, organizar e analisar os dados (Brannen, 1992). A posição de Miles e Huberman (1984), que distinguem entre abordagem quantitativa e abordagem qualitativa em termos de recurso a números, no primeiro caso, e a palavras, no segundo caso, merece a discordância de Hammersley (1992). Este autor considera que os adeptos da abordagem quantitativa criticam algumas investigações centradas na abordagem qualitativa, por usarem mais palavras do que números e, assim, menosprezarem a precisão que, para eles, requer quantificação. Contudo, para Hammersley (1992), em algumas situações, não se pode, legitimamente, ir além de enunciados em termos de 'por vezes', 'frequentemente', 'geralmente'. Para o autor a precisão não implica necessariamente números. A precisão apropriada a uma dada conclusão particular depende da natureza do que se está a tentar descrever, dos recursos disponíveis e dos propósitos da investigação (Hammersley, 1992).

Hammersley (1992) argumenta que a distinção entre abordagem quantitativa e qualitativa é de utilidade limitada e acarreta, até, alguns perigos. A aceitação da dicotomia leva a que, por vezes, sejam vistas como abordagens opostas para o estudo da sociedade, uma representando o modo correcto e a outra o mau caminho. Todavia, no último quartel do século vinte, depois de se clarificar as grandezas e fraquezas, quer da abordagem qualitativa quer da abordagem quantitativa (Husén, 1985), passou a aceitar-se que nenhum paradigma de investigação responde a todas as questões que surgem na investigação educacional (De Landsheer, 1985).

Contudo, a fusão num único paradigma não é recomendada por Hammersley (1992), pois não é possível negar a variedade de ideias, estratégias e técnicas que podem ser encontradas na investigação social. Além disso, esta diversidade também não é compatível com uma visão dicotómica assente em duas abordagens diferentes, mesmo que lhes seja dada paridade (Hammersley, 1992). Cada uma das abordagens tem as suas próprias forças e fraquezas e é este

facto que justifica a utilização conjunta das duas abordagens com vista à maximização da qualidade da investigação.

Pese embora a existência de algumas opiniões divergentes acerca da relação entre as duas abordagens, Brannen (1992) considerou que, usando múltiplos métodos, o investigador é forçado a confrontar-se com tensões decorrentes de diferentes perspectivas teóricas e a ponderar as relações entre conjuntos de dados produzidos por diferentes métodos. Este confronto pode funcionar como um factor que favorece o exercício de clarificação quer da formulação do problema de investigação quer dos modos mais apropriados de o estudar.

Assim, pelo interesse que tem para a presente investigação, interessará referir alguns pontos de vista que têm contribuído para combinar ou integrar as duas abordagens. Segundo Brannen (1992), essa combinação pode ser estruturada segundo vários factores, tais como a importância que é dada a cada abordagem dentro do projecto global, ou as condições temporais de sequência ou simultaneidade. Quando os métodos qualitativos jogam um papel subsidiário são frequentemente precursores do trabalho quantitativo, funcionando como uma fonte de hipóteses que podem ser testadas por métodos quantitativos. Mas, os métodos qualitativos podem, também, desempenhar um papel na interpretação e clarificação de dados resultantes de métodos quantitativos e podem, ainda, ter um papel relevante na testagem e desenvolvimento de instrumentos de recolha de dados, designadamente de escalas e questionários. Os dois tipos de metodologias podem ser combinados, com igual peso, e conduzidas em simultâneo ou consecutivamente no mesmo estudo, ou, ainda, serem usadas cada uma delas num de dois estudos relacionados mas conduzidos separadamente, em todos os momentos do processo. Num dos tipos de combinação que Bryman (1992) designa por híbrido, a investigação qualitativa é introduzida dentro de um desenho quasi-experimental. Foi esta a opção principal feita na presente investigação. Em outro tipo de combinação o aspecto qualitativo é usado para ajudar a explorar os factores que estão subjacentes a uma relação entre variáveis, estabelecida através de uma pesquisa quantitativa. Esta também tem interesse para a presente investigação, pois pretende-se, através da vertente qualitativa, identificar aspectos da interacção verbal entre alunos que possam contribuir para a relação entre variáveis, detectada através do desenho quasi-experimental. A combinação das duas abordagens é, também, aceite por McMillan e Shumacher (2006) que distinguem três tipos de metodologias mistas: o estudo explanatório em que, em primeiro lugar, é feito um estudo quantitativo e depois um qualitativo; os estudos de tipo exploratório em que a abordagem quantitativa se segue à qualitativa; e os estudos centrados na triangulação, nos quais os dados resultantes de ambas as abordagens são recolhidos

simultaneamente, são apresentados em conjunto para proporcionar uma melhor compreensão do processo, fenómeno ou instituição em estudo.

Tendo em conta os pontos de vista referidos, parece ser de considerar que, embora muitos investigadores, ou por convicção, ou por adequação à natureza dos problemas a estudar, coloquem ênfase num dos tipos de abordagem, os dois podem ser usados conjuntamente no mesmo projecto de investigação (Strauss & Corbin, 1990; Brannen, 1992; Bryman, 1992; Hammersley, 1992), podendo daí resultar grandes vantagens.

3.5. População e amostra

Pelas razões já apontadas, no ano lectivo 2002/2003 em que foi iniciado o trabalho de campo da presente investigação, procurou-se viabilizar o estudo com uma amostra seleccionada entre os alunos que frequentavam a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física, que foi a amostra acessível de entre a população de alunos que frequentava o 10º ano. No ano lectivo 2003/2004, procedeu-se a um alargamento da amostra recorrendo a mais duas turmas que frequentavam Técnicas Laboratoriais de Química seleccionadas dentro da população que frequentava o 10º ano nesse ano lectivo.

Deste modo, os três grupos usados na investigação (AS, AT e FS) foram constituídos a partir dos turnos de desdobramento de quatro turmas de técnicas laboratoriais (duas turmas de Técnicas Laboratoriais de Física, no ano 2002/2003, e outras duas turmas de Técnicas Laboratoriais de Química, no ano lectivo 2003/2004, leccionadas por professores que se mostraram interessados no estudo e disponíveis para colaborar. Os grupos foram constituídos da seguinte maneira: em 2002/2003, metade da turma da escola Augusto Gomes foi atribuída ao grupo FS e cada um dos turnos de desdobramento da turma da escola secundária da Maia, constituíram parte dos grupos AS e AT; em 2003/2004 uma das turmas foi atribuída ao grupo AT que deste modo ficou com 26 alunos, e os subgrupos da outra turma foram atribuídos ao grupo AS, que ficou constituído por 17 alunos, e ao grupo FS, que ficou constituído por 21 alunos. Assim, cada grupo de investigação ficou constituído por alunos provenientes de duas turmas e leccionado por dois professores distintos.

Além disso, pretendia-se constituir grupos de investigação que não fossem muito diferentes no que diz respeito aos níveis de aproveitamento escolar dos alunos nas disciplinas relacionadas com os conteúdos abordados nas actividades, bem como na disciplina de português, visto que teriam de ser analisados textos escritos e intervenções orais produzidas pelos alunos. Também se

pretendia que os grupos não fossem muito distintos no que respeita ao número de alunos de ambos os sexos. No ano lectivo 2002/2003, tinha sido analisada a situação dos alunos com base nas notas das disciplinas de Ciências Físico-Químicas, Técnicas Laboratoriais de Física e Português, quando foram iniciadas as actividades em finais do segundo período, e tinha sido constatada a existência de diferenças entre os grupos. De facto, os alunos da turma da Escola Secundária da Maia que, em 2002/2003, constituíram os grupos AT e AS, apresentavam, no primeiro e no segundo período desse ano lectivo, ausência de notas negativas, quer da disciplina de Ciências Físico-Químicas quer da de Técnicas Laboratoriais de Física. Pelo contrário, os alunos da Escola Augusto Gomes, que constituíram o grupo FS, apresentavam algumas notas negativas na disciplina de Ciências Físico-Químicas e, em virtude disso, também apresentaram alguns valores negativos na média das duas disciplinas, no final do primeiro e do segundo períodos. Quanto às notas de português, a diferença era menos acentuada porque existiam negativas em todos os três grupos. Constatou-se, também, que o grupo AS era constituído unicamente por rapazes.

Com o alargamento da amostra, conseguiu-se que os grupos ficassem mais equivalentes do ponto de vista do aproveitamento escolar, visto que todos os três grupos passaram a ter alunos com notas negativas na média das disciplinas relacionadas com os conteúdos de Física visados nas actividades. Nos outros aspectos a equivalência dos grupos não foi conseguida. Como se pode constatar na tabela 1, as percentagens de negativas que os alunos apresentavam no final do primeiro período foram mais elevadas no grupo FS, mas no segundo período foram mais elevadas no grupo AT. O grupo AS apresentou as percentagens mais baixas em ambos os períodos, o que poderá indicar um nível de aproveitamento escolar mais elevado para este grupo.

Tabela 1

Caracterização da amostra total envolvida no estudo

	Percentagem de negativas na média das disciplinas relacionadas com os conteúdos abordados		Percentagem de negativas na disciplina de Português		Sexo dos Alunos	
	1º período	2º período	1º período	2º período	Masc.	Femin.
Grupo AT	26,9	30,7	7,6	11,5	17	9
Grupo AS	23,5	17,6	5,9	0	14	3
Grupo FS	33,3	23,8	4,7	0	10	11

No que diz respeito à disciplina de Português o grupo AT passou a apresentar uma situação de desvantagem com a percentagem mais alta de negativas em ambos os períodos. O grupo AS continuou constituído por uma ampla maioria de rapazes. Portanto não se conseguiu homogeneidade dos grupos relativamente a estes aspectos.

Como também já foi referido, dada a impossibilidade de todos os grupos serem leccionados pelo mesmo professor, foi feita a opção de, em cada grupo de investigação, existirem dois subgrupos leccionados por professores distintos, procurando deste modo controlar essa variável externa. A opção de incluir em cada grupo de investigação alunos leccionados por dois professores diferentes teve a vantagem de os resultados obtidos pelos diferentes grupos não ficarem dependentes do tipo de trabalho desenvolvido por um único professor, cuja motivação para promover a argumentação entre os alunos poderia não ser a mesma dos professores que leccionassem os outros grupos, apesar de, antes do início das actividades com os alunos, ter sido facultada aos professores alguma informação sobre o interesse de envolver os alunos em práticas argumentativas e sobre a forma de promover este envolvimento.

Acresce que há que ter em conta a diferente formação e experiência lectiva dos professores que leccionaram as turmas que participaram no estudo pois esta pode, também, influenciar os resultados. Em 2002/2003 ambos os professores apresentavam experiência longa, o professor que leccionou na escola de Matosinhos tinha mais experiência lectiva em Física e Técnicas Laboratoriais de Física e a professora da escola da Maia mais experiência lectiva de Química, possuindo uma licenciatura em Química ramo educacional e um mestrado em Educação. A professora que leccionou as turmas de 2003/2004 tinha uma formação científica mais ligada com a disciplina de Física, pois era licenciada em Física e tinha um mestrado em Astronomia, mas possuía menos anos de experiência lectiva do que os outros colegas.

3.6. Caracterização dos tratamentos e metodologias de ensino

Neste subcapítulo é caracterizada a formação em argumentação a que foram submetidos todos os três grupos de investigação (3.6.1), apresenta-se a metodologia de ensino adoptada nos grupos experimentais (3.6.2) e por fim refere-se a metodologia de ensino adoptada no grupo de controlo (3.6.3).

3.6.1. Formação dos alunos em argumentação

Como consta nas questões de investigação apresentadas no primeiro capítulo, pretendia-se averiguar se os diferentes contextos laboratoriais em que os alunos realizam as actividades, podem potenciar de formas diferentes as interacções verbais e a argumentação entre os alunos. No entanto, qualquer que fosse o contexto laboratorial, só existiriam interacções verbais e argumentação se os alunos se empenhassem na discussão e, para tal, seria necessário que reconhecessem o interesse de defenderem os seus pontos de vista e que estivessem preparados para isso. Tendo em conta que a revisão de literatura aponta dificuldades dos alunos, quer para apresentarem argumentos bem estruturados (Sampson & Clark, 2008), quer para avaliarem a evidência e construírem explicações e justificações que se apoiem em evidências empíricas (Diaz de Bustamante, 1999; Duschl, 1997; Von Aufschnaiter *et al.*, 2008), e que tais dificuldades também foram constatadas durante o estudo piloto, entendeu-se que devia ser proporcionada aos alunos alguma formação prévia sobre argumentação.

Como foi referido na sinopse do estudo (3.2), o objectivo desta formação foi o de conseguir que os alunos reconhecessem a importância de fundamentar as suas opiniões e conclusões, percebessem o que são argumentos bem estruturados e sentissem a necessidade de os usar durante as discussões a realizar a propósito das actividades laboratoriais. Pretendia-se que, nas actividades subsequentes à formação, os alunos já se mostrassem minimamente preparados, não só para desenvolverem a sua capacidade de argumentar durante o processo de diálogo interactivo em que pode ter lugar a *co-construção* de argumentos (Jiménez Alexandre & Diaz de Bustamante, 2003; Naylor, Keogh & Downing, 2006), mas também para analisarem a estrutura dos seus próprios argumentos, assumindo uma atitude metacognitiva.

Assim, decidiu-se que, no início do tratamento, antes de serem abordados os conteúdos científicos implicados nas actividades laboratoriais, os alunos de todos os grupos fossem sensibilizados para a importância da discussão a realizar durante as actividades práticas e recebessem alguma formação sobre o uso de argumentos bem estruturados. Aos alunos de todos os três grupos, foi proporcionada a mesma formação, para que, caso os alunos do grupo FS não se mostrassem igualmente empenhados na argumentação fundamentada dos seus pontos de vista, isso não pudesse ser atribuído ao facto de não lhes ter sido facultada formação em argumentação.

Tendo por base alguns trabalhos desenvolvidos nesta área (Driver, Newton & Osborne, 2000; Hofstein & Lunetta, 2004; Watson, 2000), entendeu-se que, para alcançar o objectivo da formação,

seria adequado envolver os alunos na análise de algumas situações concretas em que pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar fossem confrontados com a evidência empírica e com os pontos de vista científicos, criando oportunidades para os alunos exercitarem as práticas argumentativas. Entre os recursos possíveis para introduzir os alunos nas práticas argumentativas, ponderou-se a análise de algumas controvérsias ocorridas ao longo da História das Ciências, que, segundo Kipnis (1999), é uma forma de promover a compreensão da complexidade de interações entre a teoria e a actividade empírica. Todavia, isso iria exigir que algumas das aulas da disciplina envolvida fossem dedicadas à História das Ciências o que implicaria um aumento do número total de aulas consagradas à presente investigação e reduziria a disponibilidade por parte dos professores da disciplina para colaborarem. Optou-se, por isso, por promover, entre os alunos, um debate sobre um tema ligado a uma questão da vida quotidiana, relativamente ao qual alguns alunos poderiam apresentar explicações conhecidas da vida corrente, mas outros poderiam defender explicações baseadas em conhecimentos escolares, relacionados com o tópico em estudo, e, deste modo, contribuir para a evolução dos pontos de vista dos primeiros. Para desencadear o debate, que funcionou como ponto de partida para a formação em argumentação, foi utilizado um vídeo construído propositadamente para este fim. O vídeo mostrava um grupo de jovens (alunos de uma das escolas envolvidas) discutindo, no jardim da cidade, uma questão relacionada com o equilíbrio térmico e a condutividade térmica dos diferentes materiais que constituíam os bancos desse jardim. Para que, através da visualização deste vídeo, fosse desencadeado o debate, depois dessa visualização, os alunos foram solicitados a fazer uma análise das diferentes opiniões apresentadas por cada um dos actores e da forma como estas estavam, ou não, fundamentadas. Deste modo, os alunos comentaram a maneira como as evidências e o conhecimento conceptual, referidos pelos intervenientes na discussão apresentada no vídeo, foram articulados até à conclusão final. A seguir, foi introduzida, pelo professor, a noção de estrutura de um argumento, segundo Toulmin (1958), a qual foi aplicada à questão colocada em debate, a fim de que os alunos tivessem oportunidade de se aperceber como seria um argumento bem construído, aplicado ao caso apresentado no vídeo.

Como foi referido, antes de proporcionar aos alunos a formação em argumentação foi facultada aos professores alguma informação sobre o interesse de envolver os alunos em práticas argumentativas e foi fornecida aos mesmos alguma documentação sobre o modelo de argumentação proposto por Toulmin (1958). Também foi analisado e discutido, em conjunto com os professores, o vídeo elaborado para promover a reflexão sobre as práticas argumentativas entre os alunos, bem como sobre o modo como o mesmo deveria ser utilizado nas aulas.

3.6.2. Metodologia de ensino adoptada nos grupos de investigação

Pelo facto de dois dos grupos de investigação terem de utilizar um SATD, seria necessário abordar um tema que fosse adequado a esta utilização. Esta foi uma das razões que levou a que, como foi referido, fossem seleccionadas actividades do âmbito da unidade Calor, da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física, e da unidade Do Sol ao Aquecimento, da disciplina de Física e Química actualmente em vigor, que se consideraram adequadas à utilização do SATD, por implicarem a comparação, para diferentes corpos, de gráficos de temperaturas cuja evolução podia ser mais facilmente analisada e comparada se fossem obtidos simultaneamente através de um SATD. Os conteúdos abordados e as actividades laboratoriais realizadas foram os mesmos nos três grupos. Contudo a estrutura e orientação das actividades diferiu de grupo para grupo.

No ano lectivo 2003/2004, em que os três grupos de investigação foram constituídos por alunos da mesma escola, tornou-se inevitável o contacto entre os grupos de experiência e o grupo de controlo. Para que esse contacto não desse origem a um conhecimento, por parte dos alunos de experiência, da planificação das actividades, que no grupo de controlo seriam todas previamente definidas, os grupos de experiência realizaram cada uma das actividades antes de o grupo de controlo ter conhecimento do protocolo correspondente à mesma. Deste modo, e como recomendam McMillan & Shumacher (2006), procurou-se evitar uma forma possível de difusão do tratamento.

3.6.2.1. Metodologia de ensino adoptada nos grupos experimentais

Tendo em conta que se pretendia promover, nos grupos de experiência, a realização de actividades cujo grau de abertura fosse elevado e que, por estarem em causa fenómenos com que os alunos tinham alguma familiaridade, fazia sentido solicitar previsões em termos qualitativos, decidiu-se proporcionar a realização de actividades de tipo prevê-observa-explica-reflecte. Neste tipo de actividades, o confronto com a evidência empírica, após a realização das actividades laboratoriais que confirmam, ou não, as previsões dos alunos, pode levar a que estes confirmem ou repensem as suas ideias, promovendo a mudança conceptual (Leite, 2002; Scanlon *et al.*, 2002). No caso de as previsões dos alunos não serem concordantes com o ponto de vista científico, os dados empíricos discrepantes das previsões podem ser utilizados pelos alunos para a reestruturação das suas ideias, mas isto implica um processo de argumentação entre alunos ou de cada aluno consigo mesmo, ou,

ainda, entre alunos e professor. O confronto das ideias prévias dos alunos com a evidência empírica pode originar oportunidades para eles, com base na evidência, repensarem as suas ideias ou as continuarem a defender, exercitando a argumentação.

Assim, os materiais elaborados para apoiar as actividades dos alunos, foram concebidos, com o propósito de apoiar actividades de tipo prevê-observa-explica-reflecte e, também, com o propósito de fomentar a argumentação, o que está de acordo as propostas de materiais elaboradas por Osborne *et al.* (2001) com finalidade semelhante. Na verdade, estes autores conceberam diversos tipos de materiais para serem utilizados pelos alunos no desenvolvimento das suas capacidades de argumentação que incluíam, entre outras, as seguintes actividades: escolha entre afirmações que apoiam teorias alternativas; construção de argumentos para fundamentar uma dada conclusão; actividades do tipo Prevé/Observa/Explica. Segundo aqueles autores, estas actividades são adequadas para desenvolvimento da prática de argumentação pelos alunos, na medida em que estes devem confrontar as suas previsões com os resultados da actividade, discutir estes resultados para avaliar se são, ou não, compatíveis com a previsão e decidir, de forma fundamentada, se esta deve, ou não, ser abandonada.

Foram elaboradas e fornecidas, aos alunos dos grupos AS e AT, fichas de trabalho (protocolos abertos) através das quais os alunos foram incentivados, antes de procederem à realização das actividades, a elaborar previsões devidamente fundamentadas sobre o que aconteceria no caso de se verificarem determinadas condições. Todavia, as fichas de trabalho fornecidas aos grupos AS e AT não se limitaram a suscitar o debate e a apresentação das previsões; implicaram os alunos na procura de resposta às questões/problemas apresentadas, bem como na apresentação das conclusões finais, através da elaboração de planos de acção que foram, obrigatoriamente, da responsabilidade dos alunos. A ênfase pedagógica na argumentação é consistente com objectivos gerais de equipar os estudantes com capacidade de raciocinar sobre resolução de problemas (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2000). Estes autores, no âmbito de um projecto que visava o estudo da capacidade dos estudantes para desenvolver e avaliar argumentos, realizaram uma investigação em que o desenho das actividades foi centrado em torno da resolução de problemas. Na verdade, aprender utilizando conceitos isolados não é o mesmo que aprender utilizando conceitos no contexto da resolução de problemas; são tipos de actividade diferentes que conduzem a resultados diferentes, pois, os níveis de integração conceptual obtidos quando se usam conceitos pré-seleccionados em vez de conceitos seleccionados no acto de conceptualização de um problema são muito diferentes (Anderberg, 2000). A resolução de problemas coloca também em

evidência uma grande variedade de conteúdos procedimentais (De Pro Bueno, 1998), que através das actividades POER foram contemplados e desenvolvidos conjuntamente com os conteúdos conceptuais. Além disso a resolução de problemas, quando ancorada em estratégias de questionamento adequadas, serve como veículo para promover a metacognição (Llewellyn, 2005). Para tal, segundo esta autora, essas estratégias têm de ser bem sucedidas na ajuda que dão aos estudantes para usarem o seu conhecimento prévio, aplicando-o em novas situações.

Em resumo, pode dizer-se que os alunos tiveram de apresentar e fundamentar previsões, bem como planificar as actividades laboratoriais desde a identificação e controlo de variáveis, passando pela análise e interpretação de dados e gráficos (construídos ou não pelos alunos) até à reflexão sobre os resultados e à argumentação, para discutirem e avaliarem suas previsões e conclusões conducentes à resolução do problema.

Como recomendam Jiménez Aleixandre *et al.* (2000), procurou-se que os alunos se debruçassem sobre questões simples, mas cuja solução desconheciam, e também se procurou criar o contexto adequado para que tudo o que o aluno fizesse, pensasse e escrevesse, adquirisse significado e fosse relacionado com o currículo. Aquilo que os alunos foram conseguindo interpretar foi aquilo que podia ser discutido com base no conhecimento que já possuíam e no confronto das suas previsões com os resultados das actividades, bem como em informação que procuraram obter no manual escolar ou junto do professor(a). Não se pretendia que os alunos chegassem por eles próprios aos conceitos, modelos e teorias, relacionados com as actividades laboratoriais, o que na maioria das situações não é possível. Considerou-se que o momento adequado para proporcionar a informação associada a modelos e teorias científicas previstas no currículo, seria após a execução dos procedimentos incluídos no plano de trabalho e após a reflexão nos grupos de trabalho. As conclusões destes grupos de trabalho foram registadas nas fichas de trabalho e apresentadas e discutidas no grupo turma; só então foram abordados, pelo professor em grupo turma, os conceitos teóricos necessários para as explicações científicas adequadas ao nível a que os alunos se encontram, no momento em que estavam criadas as condições para que os alunos sentissem a necessidade desses conceitos.

Esperava-se que as solicitações feitas aos alunos dos grupos de experiência se repercutissem, naturalmente, na discussão dos grupos de trabalho, durante a execução das actividades, contribuindo para desenvolver o processo de argumentação entre os alunos, em particular no caso do grupo que usou o SATD, por terem mais tempo disponível para a discussão. Assim, como já foi referido, esperava-se detectar diferenças, entre os grupos AS e AT e entre estes e

o grupo FS, na forma como os alunos, apoiados nos resultados das actividades e na informação teórica que foram adquirindo, conseguiram usar a argumentação e o raciocínio na resolução das questões colocadas nas fichas de trabalho.

3.6.2.2. Metodologia de ensino adoptada no grupo de controlo

Como foi referido, as duas últimas questões de investigação colocadas pretendiam averiguar se as interacções verbais seriam influenciadas pela utilização do SATD. Para encontrar resposta a estas questões seria necessário analisar como é que os grupos que realizam actividades usando um SATD, depois de familiarizados com esta tecnologia, utilizam o tempo economizado na recolha de dados. Ou seja, verificar se este tempo é utilizado para se dedicarem ao diálogo e para produzirem argumentos bem fundamentados, ou se isto só acontece nas situações em que realizam actividades com grau de abertura elevado, mas não acontece quando usam protocolos com uma descrição prévia dos procedimentos.

Assim, o grupo de controlo (FS) realizou actividades laboratoriais em que todas as etapas foram previamente definidas, de forma exaustiva, sendo que estes alunos não tinham que definir os procedimentos a adoptar para encontrar a resposta a um problema. Em vez de actividades de tipo POER eles realizaram actividades orientadas para a determinação do que acontece e utilizaram um SATD para recolher dados. Os alunos deste grupo, tal como os alunos do grupo AS, não dedicaram tempo à construção de gráficos que foram obtidos por processo automático. Seria este tempo que poderia ser aproveitado para interagirem e discutirem as suas interpretações dentro dos grupos de trabalho de dois/três elementos que, no grupo de controlo (tal como nos grupos AT e AS), foram constituídos para a realização de actividades laboratoriais.

Após a execução dos procedimentos descritos nos protocolos, os alunos do grupo de controlo tiveram oportunidade de partilhar as suas interpretações em pequeno grupo e, tal como aconteceu nos grupos de experiência, as conclusões foram registadas na ficha de trabalho e, depois, apresentadas a toda a turma. Todavia, dado que no grupo de controlo os alunos iriam executar procedimentos previamente descritos, de forma exaustiva, poderia acontecer que a interacção entre alunos ficasse prejudicada, apresentando-se estes mais passivos e menos envolvidos no debate. Também, a interactividade professor/aluno poderia apresentar características diferentes das dos grupos de experiência, pois poderia ser menos solicitado a intervir nas interacções dentro dos grupos de trabalho, e, conseqüentemente assumir uma atitude menos interventiva.

Tal como nos grupos de experiência, a informação sobre os conceitos e teorias, relacionados com as actividades laboratoriais e as questões colocadas nos protocolos, foi abordada em grupo turma após a apresentação dos resultados dos grupos de trabalho à turma, e depois de os alunos sentirem a necessidade das mesmas.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A resposta às questões de investigação relacionadas com a possível relação entre as variáveis em causa, ou seja, a influência do grau de abertura das actividades realizadas e a influência do SATD na apropriação dos conteúdos conceptuais e na compreensão de conceitos relacionados com a argumentação, implicou a comparação dos grupos com base nas respostas a um questionário usado como pré-teste e pós-teste.

A vertente mais marcadamente qualitativa consistiu na análise das interacções verbais e das práticas argumentativas que tiveram lugar durante a execução das actividades laboratoriais e apresentação e fundamentação das previsões e conclusões registadas por escrito nas fichas de trabalho.

3.7.1. A elaboração do questionário

Para proceder à comparação dos grupos foi necessário elaborar um instrumento que permitisse recolher dados, antes e após os tratamentos dos grupos de investigação, sobre a forma como os alunos se apropriam dos conteúdos conceptuais e dos conceitos relacionados com argumentação (hipótese, teoria, evidência, conclusão e argumento). Por ser necessário recolher dados duas vezes, por o número de alunos envolvidos ser algo elevado e por haver vantagem em que as questões fossem apresentadas da mesma forma a todos os alunos (Ghiglione & Matalon, 1993), optou-se pela técnica de inquérito por questionário que, segundo McMillan e Schumacher (2006), é uma técnica de recolha de dados comum na investigação educacional e adequada em situações semelhantes à da presente investigação. Nesta técnica, o investigador elabora um conjunto de questões, que podem ser de diferentes tipos, para serem respondidas por escrito o, que, no entanto, pode ter a desvantagem de não garantir a obtenção de respostas completas e/ou profundas. Procurou-se que as perguntas fossem redigidas de forma clara e sem ambiguidade e procurou-se controlar a estrutura lógica da questão evitando as negações, em particular as duplas

negações, pois estas podem ser fonte de incompreensão (Ghiglione & Matalon, 1993). O questionário foi validado, em termos de validade de conteúdo, por duas investigadoras em educação em ciências, testado, em termos de adequação aos respondentes, com um grupo de alunos de 10º ano não pertencentes à amostra, e usado no estudo piloto.

Tendo em conta os objectivos do estudo, o questionário elaborado para ser usado como pré e pós teste, é constituído por duas partes, em que são apresentados aos alunos dois conjuntos de questões. Um primeiro conjunto de questões sobre os conteúdos científicos que foram objecto da intervenção didáctica e nos quais se centrariam as actividades. Um segundo conjunto de questões que incidiu sobre os conceitos ligados com a argumentação em ciências.

Quadro 2

Estrutura da 1ª parte do questionário

Assunto	Objectivos	Questões
Equilíbrio térmico	Detectar quais os alunos que são capazes de: - identificar situações em que ocorre o equilíbrio térmico, - interpretar o estabelecimento do equilíbrio térmico em termos de transferência de energia - explicar o significado físico de temperatura com base da teoria cinético-molecular Detectar quais os alunos que apresentam evolução passando a falar em transferência de energia em vez de transferência de calor ou temperatura e deixando de confundir calor com temperatura	1 e 2
Mudança de estado Ponto de ebulição	Detectar quais os alunos que são capazes de: - representar graficamente a evolução da temperatura durante um processo de aquecimento e mostrar que se mantém constante durante a ebulição - explicar essa evolução de temperatura de com base na teoria cinético-molecular.	3 e 4
Mudança de estado fusão/evaporação	Detectar quais os alunos que são capazes de explicar situações em que ocorrem mudanças de estado e durante as quais a energia necessária é fornecida pelo meio ambiente	5 e 6
Condutividade térmica	Detectar quais os alunos que são capazes de relacionar a rapidez com que é estabelecido o equilíbrio térmico entre um corpo e o meio envolvente com a condutividade desse meio	7 e 8
Efeito estufa	Detectar quais os alunos que são capazes de: - explicar que a radiação IV é emitida pelos corpos no interior da estufa e que o aquecimento destes resulta da radiação visível que entra dentro da estufa - explicar o efeito de estufa com base na retenção radiação IV pelo vidro	9 e 10
Comportamento dos corpos no que diz respeito à absorção da radiação visível e da radiação IV	Detectar quais os alunos que são capazes de: - interpretar situações em que ocorre a absorção da radiação visível por corpos de cores distintas. - interpretar situações em que se compara a absorção da radiação IV por corpos brancos e por corpos pretos, e a absorção da mesma radiação por corpos metálicos com superfície exterior preta e com superfície exterior polida	11, 12 e 13

Assim, para cada conjunto de questões, foram definidos tópicos que poderiam ser indicadores de manifestações de concepções alternativas, nomeadamente sobre os conceitos de calor e temperatura implicados em grande parte das actividades incluídas nas fichas de trabalho. De facto, relativamente a estes conceitos os alunos são portadores de concepções que resultam de uma mistura das suas ideias preexistentes e do ensino que lhes foi ministrado e que não logrou desmontar essas ideias preexistentes (Caldeira & Martins, 1990).

Foram também definidos os tópicos que deveriam ser indicadores de evolução dos alunos no sentido de uma melhor compreensão dos conceitos abordados no questionário e do uso de uma terminologia e linguagem correctas (Anexo 4). Nos casos em que os alunos, no pré-teste, não respondessem ou respondessem incorrectamente, o facto de passarem a referir algum dos tópicos, mesmo com incorrecções de linguagem, poderia constituir evolução.

Na sua versão final (Anexo 3), a primeira parte do questionário cuja estrutura se apresenta no quadro 2, contém treze questões e aborda um conjunto de seis assuntos. Como se pode constatar neste quadro, cinco dos assuntos são abordados em dez das questões organizadas em pares, e um dos assuntos é abordado em três questões. Nas questões organizadas em pares, em uma delas o aluno foi confrontado com um facto para o qual teve que apresentar uma justificação e na outra questão teve de fazer uma escolha, devidamente justificada, entre as opções que lhe foram apresentadas. Deste modo, o aluno teve que reflectir sobre cada assunto, situando-se em duas perspectivas diferentes. Relativamente ao último assunto que envolveu o comportamento de corpos negros, brancos e metalizados, não só face à radiação visível como também face à radiação infravermelha, as questões não foram organizadas em pares, tendo-se optado por um conjunto de três questões, pois considerou-se que a apresentação de duas questões para cada um das situações consideradas podia tornar-se fastidiosa e até confusa para os alunos.

A segunda parte do questionário é constituída por um conjunto de cinco questões em que se pede a cada aluno que defina os conceitos relacionados com a argumentação em ciências. Foram usadas questões abertas que permitiram que os alunos exprimissem as suas ideias, acerca dos cinco conceitos considerados, pelas suas próprias palavras, sem qualquer sugestão de resposta (Ghiglione & Matalon, 1993; McMillan & Schumacher, 2006).

Tendo em conta alguns estudos que mostram que os pontos de vista acerca da natureza do conhecimento científico, apresentados por estudantes e alguns professores, não são compatíveis com os pontos de vista aceites na epistemologia contemporânea (Gil-Pérez, *et al.*, 2001; Kang, Scharmann & Noh, 2004), e que um bom domínio desses conceitos é necessário para a construção

de argumentos bem estruturados (Aufschnaiter *et al.*, 2008), pretendeu-se averiguar até que ponto as actividades realizadas pelos alunos, nos diferentes contextos laboratoriais, poderiam ter contribuído para que os alunos reformulassem a sua percepção de alguns aspectos da actividade dos cientistas. A análise das respostas dos alunos às cinco questões da segunda parte do questionário, implicou que fossem explicitados os elementos considerados necessários e adequados para que as definições dos alunos sobre os conceitos associados à argumentação científica, considerados neste trabalho, fossem aceites como respostas adequadas e completas. Para tal foram tidos em conta os pontos de vista aceites na epistemologia contemporânea e também se teve em conta o nível de escolaridade em que se situam os alunos e as actividades de aprendizagem que realizaram. Estes elementos definidores serão apresentados na secção de tratamento e análise de dados (3.9).

3.7.2. A elaboração das fichas de trabalho

Para a concretização da vertente mais marcadamente qualitativa do presente estudo, decidiu-se recorrer, não só à análise dos registos áudio das interacções verbais entre os alunos, mas também à análise de documentos. Documentos são registos, escritos ou impressos, de acontecimentos passados que podem ser de vários tipos (McMillan & Schumacher, 2006); no caso presente, foram produzidos durante a realização das actividades laboratoriais e são textos de resposta às questões colocadas nas fichas de trabalho. Osborne *et al.* (2001) consideram que o acompanhamento das destrezas de raciocínio argumentativo se pode fazer, não só utilizando gravações da actividade dos diferentes grupos, mas, também, através do dossier individual de cada aluno que deve ser utilizado, pelo próprio, como material de referência em actividades posteriores. As páginas do dossier devem permitir que os alunos voltem a reflectir tendo oportunidade de contrastar as suas respostas iniciais com as posteriores. Esta forma de trabalhar, em que os alunos voltam a debruçar-se sobre aquilo que já é conhecido e tomam consciência da sua própria evolução, permite obter dados sobre a argumentação em diversos momentos de uma unidade e compará-los entre si. No caso presente, as fichas de trabalho, com os registos elaborados pelos pequenos grupos, constituem um dossier em que figuram, não só os textos produzidos sobre as conclusões, como também, no caso dos protocolos de actividades com elevado grau de abertura, as planificações, as conjecturas, o registo das observações produzidas pelos alunos e, ao longo de cada uma das actividades, a reformulação dos pontos de vista dos mesmos.

As fichas de trabalho utilizadas pelos alunos são cinco e cada uma incide sobre um dos assuntos constantes do quadro 2. A ficha número quatro incide sobre a absorção e emissão de radiação e inclui três actividades de comparação entre os corpos branco e preto e entre branco e polido, em primeiro lugar na absorção de radiação visível, em segundo lugar na absorção da radiação IV e em terceiro lugar na emissão de radiação IV. Esta ficha inclui ainda um conjunto de questões de reflexão, nas quais é solicitado o relacionamento dos resultados obtidos nas actividades laboratoriais realizadas e um conjunto de questões de aplicação. Pelo facto de o confronto das ideias prévias dos alunos com os resultados obtidos poder não ser suficiente para provocar a mudança, considerou-se necessária uma fase de confronto/configuração. A configuração, por se situar numa posição intermédia entre os modelos perceptuais intuitivos e os modelos conceptuais, poderá ter um papel mais importante do que o confronto, em particular quando são abordados conceitos com algum grau de abstracção (Valente & Costa Pereira, 1990). Para estes autores, a chave para esta configuração poderá estar numa acção comunicacional através da argumentação que, no caso presente, poderia ocorrer durante a discussão e a tentativa de relacionamento dos resultados obtidos nas actividades.

Por ser muito vasto o conjunto de dados recolhidos através das cinco fichas de trabalho foram escolhidas algumas das actividades constantes da ficha número quatro (quatro actividades sobre absorção e emissão da radiação IV, nas comparações entre os corpos branco e preto, e entre os corpos branco e polido) e uma actividade de relacionamento para sobre ela incidir a análise das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos. Na base desta escolha está o facto de a ficha número quatro ter sido realizada depois de os alunos já terem tido oportunidade de discutir e de exercitar, durante algumas aulas, as suas práticas argumentativas, o facto de ser a ficha que inclui maior número de actividades e, também, o facto de incluir uma actividade cujo objectivo era o relacionamento de todas as actividades incluídas na ficha.

Dado que os alunos trabalharam em três contextos laboratoriais distintos, para cada um destes contextos teve de ser elaborada um protocolo distinto de cada uma das fichas de trabalho. Por isso, existem três tipos de protocolos para cada uma das fichas. Em dois desses tipos (Anexo 1) qualquer uma das fichas apresenta a seguinte estrutura geral: apresentação de uma situação, pedido de previsão fundamentada, organização de plano de trabalho para testar a previsão, pedido de comparação da previsão com os resultados obtidos, reflexão crítica sobre a previsão apresentada e tomada de decisão sobre a necessidade, ou não, de reformular o ponto de vista subjacente à previsão. Como foi referido, a ficha número quatro apresenta também uma actividade de reflexão

sobre as três actividades laboratoriais constantes dessa ficha. No terceiro tipo de protocolo (Anexo 2), em qualquer uma das fichas, os alunos foram solicitados a realizar as actividades e, só depois de conhecidos os resultados, apresentaram as suas conclusões; neste tipo de protocolo a ficha número quatro apresenta a mesma actividade de reflexão que os anteriores, pelo que esta actividade de reflexão é comum aos três tipos de protocolos. Estes protocolos depois de validados por dois especialistas na educação em ciências foram apresentados aos professores que colaboraram no estudo a quem foram explicados os objectivos do mesmo para que compreendessem a existência de mais do que um tipo de orientação das actividades laboratoriais e, para que, através das suas atitudes e práticas, não desvirtuassem os objectivos de cada uma das orientações.

3.8. Recolha de dados

As duas partes do questionário sobre conhecimentos foram aplicadas, em condições de exame, como pré-teste, imediatamente antes das intervenções, e como pós-teste, aproximadamente duas semanas depois de terminadas as intervenções. Contudo, a parte referente aos conceitos relacionados com argumentação foi também aplicada num teste intermédio, imediatamente após a formação em argumentação. Esta aplicação foi feita com o objectivo de avaliar essa formação, através do seu efeito nas ideias dos alunos acerca da argumentação em ciências, e garantir que a formação poderia conduzir a uma melhoria das práticas argumentativas nas actividades subsequentes.

Tendo em conta que quando os conteúdos conceptuais e as 'novas' interpretações não são integrados na rede conceptual dos alunos (Duit & Treagust, 2004) estes poderão continuar a apresentar a mesma forma de pensar que tinham antes de realizar as actividades, tornou-se necessário deixar decorrer algum tempo sobre as mesmas para ser possível averiguar se os alunos se tinham apropriado dos conteúdos conceptuais e se os integraram na sua rede conceptual. Contudo, dado que, devido à extensão das intervenções, estas se estenderam até quase ao final do ano lectivo, o pós-teste teve de ser aplicado apenas quinze dias após o termo das intervenções, não possibilitando, portanto, obter informação muito segura acerca da retenção das aprendizagens.

Durante as actividades laboratoriais, realizadas em pequenos grupos, os alunos procederam aos registos solicitados nos protocolos (abertos e fechados). Imediatamente após a sua produção no fim de cada actividade foi recolhido um exemplar por cada um dos grupos de trabalho, com o fim de obter informação sobre os pontos de vista consensuais em cada grupo, após a realização da

actividade e antes de passarem à actividade seguinte. Durante a realização das actividades os alunos puderam dispor dos seus exemplares individuais referentes às actividades anteriores, rever os consensos anteriormente estabelecidos e fazer alterações nas conclusões apresentadas, se assim o entendessem, depois de voltarem a reflectir sobre as mesmas.

Nos três grupos de investigação foram realizadas gravações áudio no decorrer das actividades dos grupos de trabalho, os quais se disponibilizaram para tal. O facto das gravações serem voluntárias poderia ter o inconveniente de não serem recolhidos suficientes elementos para análise das interacções verbais e argumentação em algum dos grupos de investigação. Este inconveniente não ocorreu, pois os alunos mostraram disponibilidade idêntica nos três grupos de investigação. De facto, todos os grupos de trabalho dos três grupos de investigação procederam às gravações. No entanto, como foi referido no primeiro capítulo, as gravações foram monitorizadas pelos próprios alunos e, em alguns casos, as discussões gravadas são breves, não sendo possível afirmar, com segurança, que esses grupos discutiram menos que os outros, por não haver a certeza de que toda a discussão foi gravada. Este facto foi particularmente acentuado durante as actividades finais de aplicação da ficha número quatro seja porque discutiram pouco, seja porque gravaram pouco, seja porque já estavam cansados

3.9. Tratamento dos dados

No que diz respeito à parte do questionário que incide sobre os conteúdos curriculares os dados foram obtidos através do pré-teste e pós-teste. No que toca às ideias sobre os conceitos relacionados com a argumentação em ciências, abordados nas cinco questões da segunda parte do questionário, foram obtidos dados através de três testes (pré-teste, teste intermédio e pós-teste). As respostas a ambas as partes do questionário foram analisadas por referência ao nível a que se supõe enunciar os conceitos no 10º ano.

No que diz respeito ao tratamento e análise das interacções verbais e práticas argumentativas dos alunos de todos os grupos, bem como à análise da sua evolução, foi realizada uma análise qualitativa de conteúdo das conversas dos alunos (ocorridas durante a realização das actividades laboratoriais gravadas em áudio) e dos textos escritos nas fichas de trabalho.

3.9.1. Análise das respostas ao questionário sobre os conteúdos conceptuais

Como foi referido no ponto 3.7.1, a primeira parte do questionário, usado como pré e pós teste, é constituída por um conjunto de 13 questões, centradas nos conteúdos científicos sobre os quais incidiram as actividades laboratoriais realizadas pelos alunos. O questionário apresenta uma estrutura em que as questões estão organizadas em seis conjuntos, cinco pares de questões e um conjunto de três.

A análise das respostas teve como finalidade verificar se as justificações apresentadas pelos alunos evidenciam que os objectivos (quadro 2) definidos para as diferentes questões do questionário foram alcançados. Para tal, com base nesses objectivos, foram explicitados os tópicos (Anexo 4) considerados indicadores da compreensão dos assuntos versados em cada conjunto de questões incluídas no questionário. Estes tópicos deviam ser incluídos pelos alunos nas suas respostas, para que fossem consideradas completas e cientificamente correctas. Com base nestes tópicos, foram elaborados critérios para decidir da existência, ou não, de evolução nas respostas dos alunos a cada uma das 13 questões do questionário. Posteriormente, procedeu-se à análise das respostas dos alunos e, com base nos critérios definidos, foram comparadas as respostas dadas, no pré-teste e no pós-teste, a cada uma das questões para decidir sobre a existência ou ausência de melhoria entre os dois testes. Foram consideradas situações de evolução ou melhoria as seguintes:

- Já existia, no pré-teste, referência a algum dos tópicos, mas estes passaram a ser referidos, no pós-teste, de um modo mais completo ou com o recurso a uma linguagem cientificamente mais correcta.
- Por ausência de resposta ou por esta ser totalmente inaceitável, no pré-teste não existiam referências aos tópicos, mas alguns ou todos eles passaram a ser referidos no pós-teste.

De seguida, para cada conjunto (par ou trio) de questões que incidem num mesmo tema, procedeu-se à contabilização do número total de alunos que apresentaram melhoria em cada uma das questões, para depois se identificar o número de alunos que evoluíram em cada conjunto de questões e o número total de respostas que apresentam melhoria. De facto, para cada tema, e dado que cada aluno tinha que responder a pares ou trios de questões, o número de alunos que evolui não é necessariamente igual ao número de respostas que apresentam melhoria. Além disso, para

cada assunto, o cálculo da percentagem de respostas com melhoria foi feito à custa do número máximo de respostas (número de perguntas multiplicado pelo número de alunos) e do número de respostas que efectivamente apresentou melhoria. Desta forma, para os assuntos avaliados por pares de questões, o número máximo de respostas é o dobro do número de alunos (52 para o grupo AT, 34 para o grupo AS, e 42 para o grupo FS) e para o assunto avaliado por um conjunto de três questões é o triplo do número de alunos do grupo (78 para o grupo AT, 51 para o grupo AS e 63 para o grupo FS).

Entre as respostas que apresentam melhoria, existem algumas caracterizadas por uma pequena diferença entre o pré e o pós-teste. Estas situações de pequena melhoria foram classificadas em três tipos:

- No pré-teste, não existiu qualquer resposta seguindo-se, no pós-teste, uma resposta com justificação bastante incompleta e/ou com incorrecções de linguagem;
- No pré-teste, foi apresentada uma resposta completamente inaceitável, seguida de uma resposta com justificação incompleta e/ou com incorrecções de linguagem mas que, apesar disto, correspondeu a uma explicação parcialmente aceitável e mais clara do que a do pré-teste;
- A resposta apresentada no pré-teste, é aceitável, mas incompleta e, no pós-teste, a resposta passa a ser mais completa, podendo ainda continuar incompleta.

Depois de classificar as respostas com base nestes critérios, contabilizou-se, para cada grupo, o número de questões em que ocorreu uma pequena melhoria e calculou-se a fracção de respostas a que estas correspondem quando comparadas com o número total de respostas em que houve melhoria. De seguida procedeu-se à análise das respostas dos alunos e comparadas as que foram dadas no pré-teste com as dadas no pós-teste, para cada assunto focado em cada conjunto de questões, foi determinado, em cada grupo de investigação, o número total de respostas que apresentou melhoria e calculadas as correspondentes percentagens. Dada a ausência de casos de regressão, com base nos valores das percentagens de respostas com melhoria procedeu-se à comparação dos três grupos de investigação. Os resultados obtidos para cada grupo e o resultado da comparação dos grupos serão apresentados e discutidos no quarto capítulo.

3.9.2. Análise das respostas ao questionário sobre os conceitos associados à argumentação em ciências

Através das cinco questões da segunda parte do questionário, em que se pediu aos alunos as suas definições dos conceitos associados à argumentação em ciências, pretendia-se obter informação, antes e depois de realizadas as actividades, sobre as ideias dos alunos acerca dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências. Como foi referido, a análise das respostas dos alunos às cinco questões da segunda parte do questionário foi precedida de uma explicitação dos elementos considerados necessários e adequados para que as respostas dos alunos fossem aceites como respostas adequadas e completas. Seguidamente, no ponto 3.9.2.2, com base nestes elementos serão apresentadas e justificadas, as categorias utilizadas na análise das respostas dos alunos relativamente a cada um dos conceitos.

3.9.2.1. Elementos definidores dos conceitos

Desenvolver e analisar a competência de argumentação nos alunos pressupõe aceitar que estes devem compreender: que a actividade científica é um processo contínuo de formulação de perguntas e procura de respostas que pode conduzir a novas perguntas e à emergência de novas teorias; que uma boa parte do conhecimento científico está estabelecido e é aceite, mas que outra parte do conhecimento científico é acompanhado de dúvida e incerteza; que o conhecimento que em dado momento é aceite, para além de qualquer dúvida razoável, pode vir a ser alterado com novas evidências ou novas formas de interpretar as evidências; que a actividade científica recorre a uma multiplicidade de métodos; que a actividade experimental é um processo de testar ideias que envolve o controlo e manipulação de variáveis; que as ideias não emergem naturalmente dos dados obtidos mas resultam de uma interpretação dos mesmos que é norteadada pela teoria e envolve a argumentação no seio da comunidade científica; e que a actividade científica tem lugar dentro de uma comunidade e envolve a criatividade daqueles que nela estão envolvidos (Hogan, 2000, Bartholomew, Osborne & Ratcliffe, 2004; Sandoval, 2005). Com base nestes aspectos, que poderiam surgir disseminados nas definições apresentadas pelos alunos, procedeu-se à elaboração dos elementos definidores de cada um dos conceitos, que se esperava fossem ser referidos pelos alunos para que as suas respostas fossem consideradas cientificamente aceites.

Conceito de hipótese

Os elementos considerados necessários e suficientes para que as definições dos alunos sobre o conceito de hipótese fossem aceites como respostas adequadas e completas foram os seguintes:

- 1 - São tentativas de formular explicações/interpretações de fenómenos ou de responder a problemas
- 2 - Não são certezas; são ideias aceites provisoriamente durante o processo de investigação
- 3 - A formulação de hipóteses é um acto criativo que:
 - A - pode ser fundamentado no conhecimento já aceite pela comunidade científica
 - B - pode colocar em causa o conhecimento aceite pela comunidade científica
- 4 - Com base nas hipóteses deve ser possível elaborar previsões
- 5 - As hipóteses precisam de ser testadas (ex.: através da actividade empírica) podendo ser, ou não, confirmada

Este conjunto de elementos incide sobre o que são as hipóteses, como surgem e para que servem. Os dois primeiros elementos estão relacionadas com o que é uma hipótese e os restantes indicam a origem, função e validação das mesmas, ou seja, como é que as hipóteses se inserem no processo de investigação. Considerou-se que os elementos, um, dois, três e quatro, poderiam corresponder às ideias que os alunos, ao longo da sua vida escolar, foram associando ao conceito de hipótese e que agora seriam refinadas, através das actividades realizadas. A formulação de hipóteses apoia-se no conhecimento já aceite pela comunidade científica e na avaliação de uma hipótese ou teoria deve considerar-se a predição de um possível estado de algum sistema real descrito por essa hipótese/teoria cuja fundamentação deve ter em conta as ideias centrais que correspondem a enunciados já aceites (Duschl, 1990). Tendo em conta que durante as actividades realizadas os alunos iriam ser solicitados a apresentar previsões apoiadas nas ideias que constituíam o seu conhecimento prévio, admitiu-se que essas ideias seriam acompanhadas de possíveis explicações/justificações que os alunos iriam ver, ou não, confirmadas através da concretização, ou não, das suas previsões e que através da discussão, entre eles e com o professor/a, se poderiam aperceberem do papel das hipóteses na construção das ciências. Portanto, seria de esperar que o elemento quatro, ainda que não fosse referido pelos alunos no pré-teste, deveria ser mencionado no pós-teste. Ao introduzir o elemento cinco considerou-se que os alunos não iriam fazer referência à falsificação das hipóteses. De facto, não seria de esperar que os alunos apresentassem um ponto de vista no qual fosse tido em conta o pensamento de Popper, a menos que, ao longo da sua vida escolar, tivesse ocorrido alguma situação em que, nas disciplinas de ciências ou de filosofia, o

professor tivesse promovido uma reflexão sobre a falsificação das hipóteses/teorias. Assim, relativamente ao elemento 4, admitiu-se que, no pré-teste, os termos verificação ou comprovação seriam usados com frequência, pois, como foi referido no ponto 2.3.1, se nas actividades laboratoriais até então realizadas, a apresentação do problema, o desenho da actividade e a interpretação dos dados ficaram sob controlo do professor, poderá ter-se contribuído para a ilusão de que o processo de construção do conhecimento conduz a uma ciência comprovada (Hodson & Bencze, 1998; Ntombela, 1999). Esperava-se que à medida que fossem evoluindo, do pré-teste para o pós-teste, diminuísse o uso dos termos verificação e comprovação ou que passassem a ser usados com a salvaguarda de que não se trata de tentar obter verdades com carácter definitivo. Todavia, não seria de esperar que, com o conjunto de actividades realizadas, mesmo nos grupos que realizaram actividades de tipo POER, as ideias dos alunos sofressem alterações profundas, passando a coincidir com os pontos de vista da epistemologia contemporânea.

O conceito de teoria

Os elementos considerados necessários e adequados para que as definições dos alunos sobre o conceito de teoria fossem aceites como respostas adequadas e completas foram os seguintes:

- 1 - Uma teoria é um corpo estruturado de conhecimento (pode incluir princípios e leis) aceite pela comunidade científica relativamente a um dado tema.
- 2 - As teorias aceites devem ter sido submetidas a um processo de validação.
- 3 - No processo de validação deve ter-se em conta:
 - 3 A - a argumentação levada a cabo na comunidade científica para fundamentar a teoria
 - 3 B - a testagem através da actividade empírica
- 4 - Depois de validadas as teorias são aceites pela comunidade científica em determinado momento histórico e estão sujeitas à revisão visto não serem verdades absolutas.
- 5 - As teorias contribuem para:
 - 5 A - explicar/interpretar/justificar fenómenos e resolver problemas
 - 5 B - fundamentar argumentos que conduzem a novas hipóteses
 - 5 C - orientar a actividade experimental.

O primeiro elemento refere um corpo de conhecimento adquirido pela comunidade científica relativamente a um dado tema. Segundo (Millar, 2004), existe um corpo de conhecimento que a comunidade científica alcançou com sucesso através da escolha das questões que investigou, do

tipo de respostas que aceitou, dos métodos de pesquisa que utilizou. Trata-se de um núcleo de conhecimento que, embora sujeito à permanente revisão, se mantém estável para além de qualquer dúvida razoável. Os elementos 2, 3, e 4 estão relacionados com o processo de elaboração das teorias que têm de ser validadas, mas que, apesar desta validação, não podem ser encaradas como verdades absolutas, mas antes como estando abertas à revisão. Assim, pretendia-se averiguar se os alunos sabiam que em determinada época pode existir consenso na comunidade científica, relativamente a um dado domínio, e noutra época não existir, e se entendiam que as teorias são as melhores explicações sobre o mundo em determinado momento, o que não significa que mudem ao longo dos tempos sem qualquer orientação (Praia, Cachapuz & Gil-Pérez, 2002). Tal como no conceito de hipótese, no que diz respeito ao elemento 2, não foram consideradas incorrectas as respostas em que os alunos se referiram à validação e testagem usando os termos verificado ou comprovado, por terem a ideia de que as teorias são verificadas empiricamente. Considerou-se a possibilidade de alguns alunos usarem estes termos para se referir às teorias já validadas, mesmo quando sabem que estas podem ser questionadas. De facto, a ideia de veracidade das teorias já validadas pela comunidade científica é, frequentemente, reforçada pelo desenho de actividades pré-planeadas para que seja alcançada a resposta certa (Ntombela, 1999). No entanto, também poderia acontecer que outros alunos, tivessem adquirido, ao longo da sua vida escolar, a ideia de que mesmo o conhecimento já aprovado pela comunidade científica pode ser revisto mas, apesar disso, continuassem a usar os termos comprovado e verificado. Por outro lado, tendo em conta que os alunos podem usar o termo teoria na acepção de teoria não validada, existia a possibilidade de as referências ao elemento 4 não serem muito claras, ou seja, poderia acontecer que alguns dos alunos, ao referirem a possibilidade de revisão, estivessem a pensar apenas nas teorias ainda não validadas pensando que apenas estas, do mesmo modo que as hipóteses, estão sujeitas à revisão, continuando a associar a ideia de certeza às teorias já validadas pela comunidade científica. Além disso, existia também a possibilidade de outros alunos terem tomado contacto com o pensamento de Popper, referido no ponto 2.2.2. Assim, ao introduzir o elemento 4 pensou-se analisar o ponto de partida e a evolução das ideias dos alunos sobre estes aspectos. No entanto, entendeu-se que nesta análise se deveria ter em conta que as actividades POER, realizadas no âmbito deste estudo, podiam não ser suficientes para abalar a ideia de que as teorias são empiricamente verificadas/comprovadas, nos casos em que os alunos tivessem essa ideia fortemente arraigada, e que também se deveria ter em conta que outros alunos poderiam continuar a usar estes termos mesmo depois de já compreenderem que as teorias validadas podem ser postas em causa. O elemento 5 está

relacionado com o papel das teorias no processo de construção do conhecimento. Este elemento foi introduzido tendo em conta que as ciências pretendem alcançar explicações (Duschl, 1990; Millar, 2004) e que as teorias contribuem para essas explicações assim como para orientar o processo de investigação em ciências. No entanto, tendo em conta que têm sido identificados, em grupos de professores, pontos de vista que atribuem um papel neutro à observação e experimentação, esquecendo o papel das hipóteses e das teorias na orientação do processo de investigação (Gil-Pérez *et al.*, 2001), também não se esperava que os alunos referissem o elemento 5, no pré-teste, pois a ideia de que não é possível mostrar a origem experimental das teorias, e de que é necessário aceitar que a experimentação e a teoria se condicionam de tal modo que são dificilmente separáveis, não seria perfilhada pela maioria dos alunos. Esperava-se, contudo, que os grupos que procederam a uma planificação das suas actividades apresentassem, no teste final, maior número de alunos que fizessem referência ao elemento 5.

O conceito de evidência

Os elementos considerados necessários e adequados para que as definições dos alunos sobre o conceito de evidência fossem aceites como respostas adequadas e completas foram os seguintes:

1 - As evidências podem ter carácter empírico quando se apoiam em dados da observação sistematizada da natureza ou da actividade experimental.

1 A - Os dados não são obtidos sem qualquer critério mas antes de um modo organizado para ser possível encontrar regularidades e padrões.

1 B - Os dados relevantes são seleccionados em função da conclusão a tirar e da qual constituem evidência empírica.

1 C - As evidências podem ser directas ou indirectas.

2 - As evidências podem ter carácter teórico quando se apoiam em factos e teorias já aceites em ciências.

3 - O carácter universal da evidência não pode ser confundido com certeza absoluta.

4 - As evidências intervêm na fundamentação das conclusões.

O primeiro elemento refere-se à evidência empírica e ao processo de conversão de dados em evidência. O segundo elemento refere-se ao facto de as evidências poderem estar apoiadas em factos e teorias já aceites pela comunidade científica. Estes elementos, foram considerados tendo em conta que, no contexto das ciências experimentais, e como foi referido no segundo capítulo, as condições da experiência e o desenho da investigação condicionam a interpretação dos dados e a

avaliação da evidência empírica. Contudo, para que os dados se tornem evidências devem ser interpretados dentro de um quadro teórico (Millar, 2004) e, deste modo, os pontos de vista teóricos também condicionam a conversão dos dados em evidência, sendo através da construção de argumentos que se ligam as evidências e dados empíricos às ideias e teorias (Wellington & Osborne, 2001). O terceiro elemento diz respeito ao facto de as evidências não deverem ser encaradas como algo que origina certezas absolutas. De facto as evidências que são aceites por todos são usadas para fundamentar as conclusões, mas essa aceitação que não se discute num dado contexto pode vir a ser questionada noutro contexto. O quarto elemento está relacionado com o papel das evidências na elaboração do conhecimento científico. Não seria de esperar que os alunos referissem todos estes aspectos. Pelo contrário, de acordo com o que foi referido no segundo capítulo, haveria que ter em conta que os alunos têm dificuldade em fundamentar as suas conclusões com base nas evidências adequadas (Ball, 1999; Brickhouse *et al.*, 2000; Leite & Figueiroa, 2004; Watson & Swain, 2005) e que, quando atribuem um papel da evidência empírica, esta é considerada como um critério de verdade; e também que os alunos apresentam dificuldade em coordenar teoria e evidência (Leach, 1999a), não percebendo que a selecção dos dados que podem constituir evidência de algo implica o uso de teorias que fazem referência a entidades não observáveis e a conceitos abstractos (Ogborn *et al.*, 1997; Leach & Scott, 2002). Assim, não seria de esperar que os alunos apresentassem, no pré-teste, uma visão de uma ciência em construção (Sutton, 1998) que envolve debate e discussão sobre o desenho da actividade experimental, a interpretação da evidência e decisão sobre evidência aceitável. Todavia, esperava-se que, no pós-teste, a forma como os alunos entendem o papel da evidência na construção do conhecimento poderia mostrar-se alterado, pelo menos entre os alunos que através das actividades de grau de abertura elevado tiveram oportunidade de formular as suas previsões, planificar actividades para avaliar as mesmas e decidir sobre essa validade face aos resultados obtidos.

O conceito de argumento

Os elementos considerados necessários e adequados para que as definições dos alunos sobre o conceito de argumento fossem aceites como respostas adequadas e completas foram os seguintes:

- 1 - Apresenta uma estrutura que inclui os seguintes elementos: dados, fundamento e conclusão
- 2 - Constitui uma defesa/justificação ou contestação de uma ideia que pode ser uma mera hipótese, uma conclusão ou uma explicação que se pretende fundamentar.

3 - Em ciências, a defesa ou contestação de uma hipótese, conclusão ou explicação deve ter em conta:

3 A - evidência empírica apoiada em dados obtidos através da actividade experimental

3 B - conhecimento já aceite pela comunidade científica para elaboração de argumentos a favor ou contra novas explicações/justificações ou respostas a problema.

Os dois primeiros elementos indicam o que é um argumento e o terceiro refere aspectos a ter em conta na fundamentação de um argumento. Dado que, no final de cada actividade realizada pelos alunos, foi pedido aos professores que, durante a reflexão conjunta em grupo turma, apresentassem as explicações finais recorrendo ao esquema de Toulmin (1958), considerou-se como primeiro elemento definidor a estrutura do argumento segundo Toulmin. No entanto, tendo em conta que foi a primeira vez que os alunos receberam informação sobre a estrutura dos argumentos e que, mesmo quando é visto como sendo uma explicação fundamentada, não lhe é atribuída, habitualmente, qualquer estrutura, seria de esperar que, no pré-teste, a maioria dos alunos não referisse os elementos do argumento nem a sua estrutura segundo Toulmin, e que as referências apresentadas no pós-teste dependeriam da importância que durante as aulas fosse atribuída à estrutura dos argumentos. Sendo assim, considerou-se que, mesmo sem referência à estrutura do argumento, a simples referência à defesa ou contestação de uma ideia, constitui uma característica definidora de argumento. Considerou-se ainda que, a referência explícita às evidências e/ou teorias que podem fundamentar uma ideia ou uma explicação/justificação, são características definidoras da argumentação em ciências. Como foi referido no ponto 2.3, as práticas argumentativas da comunidade científica têm papel crucial na actividade racional de construção do conhecimento científico (Newton, Driver & Osborne, 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000) e o debate e a argumentação em torno de teorias competitivas, metodologias e objectivos é uma importante ferramenta da actividade dos cientistas (Duschl & Osborne, 2002). Tendo em conta as dificuldades atrás referidas sobre o uso da evidência pelos estudantes, particularmente no que diz respeito ao papel da discussão na interpretação da evidência e na decisão sobre evidência aceitável, e o facto de, frequentemente, encararem a evidência empírica como um critério de verdade, seria de esperar que nos casos em se registasse evolução dos pontos de vista sobre a evidência, as referências ao elemento 3, mesmo no pós-teste, se limitassem apenas o papel da evidência empírica (3 A) e que não fosse reconhecido o papel do conhecimento científico já aceite pela comunidade científica para elaboração de argumentos a favor ou contra novas explicações/justificações ou respostas a problemas (3B).

O conceito de conclusão

Os elementos considerados necessários e adequados para que as definições dos alunos sobre o conceito de conclusão fossem aceites como respostas adequadas e completas foram os seguintes:

1 – É uma resposta a um problema ou uma explicação/justificação de um fenómeno

1 B - é um dos elementos da estrutura do argumento

Em ciências a apresentação de uma conclusão pode implicar:

2 – A experimentação para testagem de hipóteses.

3 – Uso do conhecimento já aceite pela comunidade científica

4 – Uso de argumentos e de raciocínios na análise das evidências e fundamentação (os alunos referem dedutivo e analítico)

Alguns dos elementos considerados para caracterizar uma conclusão em ciências já foram considerados relativamente a outros conceitos. Na verdade, tal como uma hipótese, uma conclusão pode ser uma resposta a um problema ou uma explicação/justificação de um fenómeno, mas enquanto que a hipótese tem um carácter assumidamente provisório, a conclusão é assumida como resposta ao problema, embora possa ser revista. Por sua vez, as teorias também contribuem para explicar/justificar fenómenos e resolver problemas, mas as teorias têm carácter mais amplo, podem contribuir para responder a questões relacionadas com a teoria em causa enquanto a conclusão diz respeito a um problema restrito, e é isso que se pretende indicar que com o ponto 2. O elemento 4 também poderia ser referido relativamente a outros conceitos. Apesar de a elaboração de hipóteses e teorias, bem como, a discussão de evidências e de argumentos envolver vários tipos de raciocínio, entendeu-se que não seriam explicitados pelos alunos. De facto, os alunos referiram, de forma explícita, relativamente ao conceito de conclusão, o uso do raciocínio analítico e dedutivo, enquanto que relativamente a outros conceitos o elemento 4 não foi referido pelos alunos.

3.9.2.2. Análise das respostas às questões sobre os conceitos associados à argumentação em ciências

No quadro 3 apresentam-se as cinco categorias gerais que foram definidas e utilizadas na análise dos dados decorrentes das respostas dos alunos relativamente às questões sobre conceitos associados à argumentação científica.

Quadro 3

Categorias usadas na análise das respostas dos alunos sobre os conceitos associados à argumentação em ciências

Categorias	Caracterização
Completa (C)	Resposta completa que foca todos os elementos definidoras
Incompleta (I)	Resposta incompleta na qual são consideradas duas subcategorias: I2+ - resposta incompleta que refere dois ou mais dos elementos aceites I1 - resposta incompleta que refere apenas uma das características aceites
Mista (M)	Resposta mista que alude a um ou mais dos elementos aceites mas em associação com partes incorrectas, ou incompreensíveis
Sentido corrente (SC)	Resposta que refere o significado corrente do termo que designa o conceito
Ausência de resposta aceitável (SR)	Resposta incompreensível por diversas razões (texto confuso, define à custa do termo a definir, mistura com ideias ligadas a outro conceito) ou sem resposta

As categorias utilizadas nesta análise são as mesmas para todos os conceitos e figuram no quadro 3 de um modo ordenado, começando na que corresponde à categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (não responde). No entanto, isso não significa que tenha sido adoptada a estratégia de pré-definir as categorias de um modo rígido. Esta é uma das estratégias possíveis, mas pode ser adoptada outra estratégia com base na lógica de rever a classificação durante a análise dos dados (McMillan & Sshumacher, 2006) e foi esta a opção feita na presente investigação. De facto, uma primeira análise das respostas mostrou que não existia nenhuma em que todos os elementos definidores fossem referidos, e que existiam poucas em que fossem referidos mais do que dois dos elementos de definidores. Assim, a categoria Incompleta foi desdobrada em duas subcategorias, de modo a diferenciar respostas dos alunos que, sendo incompletas, apresentam um número diferente de elementos definidores do conceito. Esta opção metodológica permitiu distinguir alunos que referiram dois ou mais dos elementos (Incompleta I2+) de alunos que apenas mencionaram um desses elementos (Incompleta I1). Nesta primeira análise das respostas, constatou-se também a existência de referências aos elementos definidores apareciam associadas a incorrecções ou partes incompreensíveis e, por isso, foi considerada uma categoria designada por Mista (M). Nesta categoria foram consideradas respostas que apresentam referências aos elementos definidores mas que incluem incorrecções ou apresentam partes incompreensíveis relativamente às quais qualquer tentativa de interpretação se mostrou infrutífera. As respostas que foram classificadas nas categorias I e M são as que apresentam referências aos elementos definidores, o que não significa que os alunos usem exactamente a mesma linguagem

que foi usada para explicitar esses elementos. Para classificar as respostas procurou-se interpretar aquilo que os alunos pretendiam dizer e a interpretação que foi feita vai ser ilustrada, no capítulo IV, com alguns exemplos de respostas para cada um dos conceitos considerados.

Depois de analisar os resultados obtidos pelos diversos grupos, em cada um dos momentos em que foram avaliados sobre este assunto (pré-teste, teste intermédio e pós-teste), e dado que os grupos tinham pontos de partida diferentes e que no pós-teste houve alguma regressão relativamente ao teste intermédio, decidiu-se fazer uma análise aluno a aluno, para verificar quantos evoluíram, regrediram e mantiveram a sua definição. Assim, considerou-se que um aluno: evolui se a sua resposta é mais próxima da categoria mais desejável do que a resposta apresentada no teste anterior, ou seja, passa da categoria SR para SC ou de alguma destas para as categorias M, I ou C; regride se acontece o inverso, passando a apresentar uma resposta mais afastada da categoria mais desejada; e mantém se a sua resposta é classificada na mesma categoria que a resposta dada no teste anterior. Os resultados obtidos nos três testes e a análise da evolução dos alunos ao longo dos três testes são apresentados no quarto capítulo. Procedeu-se, também, a uma análise global da evolução de cada um dos três grupos de investigação, relativamente a cada um dos conceitos, e à comparação dos grupos, sendo estes resultados igualmente apresentadas no capítulo IV.

3.9.3. Análise das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos

Para proceder à caracterização das interacções verbais e práticas argumentativas dos alunos dos três grupos de investigação, foi realizada uma análise qualitativa de conteúdo das conversas dos alunos ocorridas durante a realização das actividades seleccionadas para tal. Estas são as quatro actividades sobre absorção e emissão da radiação IV e uma actividade de relacionamento que, como já foi referido, constam da ficha número quatro (Anexos 1 e 2). Tendo em vista esta análise, procedeu-se à transcrição do conteúdo das cassetes áudio gravadas durante as aulas em que foram realizadas as actividades em causa.

Foram desenvolvidas duas perspectivas de análise das interacções verbais, uma que se centra na identificação de sinais de uma atitude metacognitiva por parte dos alunos, e outra em que o modelo de Toulmin (1958) foi tomado como referência para identificar o uso de argumentos devidamente estruturados.

No que respeita à primeira perspectiva de análise, ela baseou-se nos dois níveis de argumentação caracterizados por Sorsby (1999b) e em alguns dos tipos de argumentos/ esquemas

de raciocínio propostos por Walton (1996) e usados por Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999) para desenvolver um tipo de análise que se mostrou eficaz para abordar as estratégias de argumentação dos estudantes. Assim, considerou-se que teria interesse desenvolver, para as práticas argumentativas no ensino secundário, uma análise que distinguisse as atitudes que se enquadram num primeiro nível de participação, em que os alunos ainda não argumentam, e um segundo nível em que os alunos procuram defender pontos de vista coerentes, argumentam e contra-argumentam, mostrando-se capazes de ceder quando o seu ponto de vista é posto em causa, de forma fundamentada, ou seja, apresentam um nível caracterizado por uma atitude metacognitiva (Sorsby, 1999b).

Admitindo que, durante as actividades, foram criadas as condições para que os alunos assumissem, face às suas próprias convicções, a atitude de distanciamento crítico que é necessária para que, tanto crianças como adultos, avaliem os seus pontos de vista (Kuhn, 1993), entendeu-se que devia ser detectada a manifestação de atitudes metacognitivas por parte dos alunos. A fim de tornar a análise o mais objectiva possível, decidiu-se elaborar uma grelha de análise que contemplasse as condições anteriormente referidas. Assim, na construção da grelha foi tida em conta a possibilidade de alguns alunos, perante uma situação problema, apresentarem alguma capacidade de elaborar e discutir conjecturas, enquanto que outros poderiam apresentar atitudes de alguma passividade e até incapacidade de reflectir criticamente sobre as conjecturas apresentadas pelos colegas, ou seja, admitiu-se que alguns alunos do ensino secundário poderiam interagir verbalmente sem apresentarem pontos de vista coerentes e sem serem capazes de se questionar sobre a validade dos mesmos. Foram, por isso, considerados dois níveis cuja fronteira foi traçada em função da presença ou ausência de uma atitude de reflexão crítica ou metacognitiva (esta ocorre quando mostram reflectir sobre o seu próprio pensamento). A grelha foi construída contemplando esses dois níveis (ver quadro 4) e este tipo de atitudes são consideradas no segundo nível. Em cada nível, foram considerados alguns dos tipos de argumentos/esquemas de raciocínio que, segundo Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999), devem ser identificados no diálogo entre alunos. Entre eles contam-se os que fazem apelo à autoridade, os que reconhecem a insuficiência de informação e a solicitam, os que recorrem a uma comparação, e aqueles que foram explicitados no segundo capítulo (ponto 2.2.4) como sendo tipos de argumentos que procedem da evidência para a hipótese, da correlação para a causa, da causa para o efeito.

Quadro 4: Grelha de análise das interacções verbais

	Tipos de participação		
Níveis	O grupo não relaciona o ponto de vista que apresenta com conhecimento escolar anterior, nem com os dados já obtidos, nem com aquilo que antes defendeu.	O grupo elabora previsões ou interpretações/explicações que são coerentes com um ponto de vista que julga válido mas que não é cientificamente aceite e não é capaz de reconhecer que é incorrecto.	O grupo elabora conjecturas ou explicações que são coerentes com o conhecimento escolar anterior mas ...
1º nível	<p>A1-No que respeita à elaboração de previsões acontece que:</p> <p>a) não é apresentada nenhuma</p> <p>b) a previsão que é apresentada não é coerente com o conhecimento escolar.</p> <p>c) a previsão que é apresentada não está de acordo com um ponto de vista que já antes foi aceite como válido</p> <p>A2-A interpretação/explicação que é apresentada apoia-se em dados obtidos mas estes não são discutidos e analisados criticamente</p> <p>a) não são correctamente avaliados os valores associados aos dados.</p> <p>b) não é tido em conta que foram obtidos numa actividade realizada de modo deficiente.</p> <p>c) a interpretação/explicação que é apresentada não está de acordo com outra que já antes foi aceite como válida.</p> <p>A3-O grupo não se opõe a algum aluno que, com o fim de fundamentar a sua previsão ou explicação, recorre a comparações despropositadas ou que faz apelo a ideias que não são cientificamente aceitáveis.</p> <p>A4 -Quando são detectados eventos relacionados entre si, o grupo considera que um é a causa do outro.</p>	<p>B1-Face a uma evidência que põe em causa uma previsão, esta não é abandonada pois quando discutem os dados:</p> <p>a) é feita uma opção por uma leitura dos dados favorável ao ponto de vista que se julga válido.</p> <p>b) são usados argumentos de autoridade como recurso ou é feito apelo a fontes exteriores para tentar impor o ponto de vista apresentado, mas não para solicitar mais informação independente.</p> <p>B2 -Para defender uma ideia prévia já enraizada são recusados os dados obtidos e coerentes com conhecimento escolar por incapacidade de os explicar de acordo com essa ideia.</p> <p>B3-A oportunidade de insistirem na discussão sobre os resultados obtidos não conduz à alteração do ponto de vista que julgam válido, pois não os conseguem interpretar/explicar</p> <p>B4-O abandono da conjectura ou explicação, por parte do grupo, não é um acto metacognitivo pois:</p> <p>a) não é explicitada a razão desse abandono</p> <p>b) corresponde a uma submissão a uma autoridade</p> <p>B5-O grupo não se apercebe que um dos elementos elabora conjecturas ou explicações coerentes com o conhecimento escolar, e faz com que sejam abandonadas pelo próprio que cede em favor de outras que supostamente são válidas.</p>	<p>C1-Depois de elaborar conjectura ou explicação aceitável o grupo regride e voltando a pontos de vista incorrectos.</p> <p>C2-As previsões ou explicações são concordantes com o conhecimento escolar anterior mas:</p> <p>a) não são justificadas</p> <p>b) são justificadas de modo deficiente, podendo ser uma simples constatação de resultados ou repetição do conhecimento escolar sem que seja explicitada qualquer com os dados da observação.</p> <p>C3-apresenta previsão/explicação coerente com o conhecimento da ciência escolar mas a fundamentação é superficial.</p> <p>C4-São admitidos novos pressupostos que são adicionados ao ponto de vista teórico defendido para que este não seja rejeitado, ou seja, é adaptado de modo a estabelecer relação entre o ponto de vista teórico e as evidências.</p>

Quadro 4: Grelha de análise das interacções verbais (Cont.)

	Tipos de participação		
Níveis	As fundamentações das previsões ou conclusões são melhoradas com base nos resultados obtidos e na informação procurada	As conjecturas ou conclusões são coerentes com o conhecimento escolar anterior e são fundamentadas	São avaliadas as previsões ou conclusões e se necessário são reconhecidas as limitações do respectivo modelo teórico
2º nível	<p>D1 - Face a uma evidência que coloca em causa previsões coerentes com um ponto de vista que era suposto ser válido é reconhecida a incorrecção das mesmas e desenvolvidos pontos de vista coerentes com conhecimento escolar</p> <p>D2-relaciona, de modo coerente, os dados obtidos com interpretações que estão de acordo com o conhecimento da ciência escolar, embora a explicação seja superficial.</p> <p>D3 -O grupo aceita que os dados obtidos sejam usados para questionar uma interpretação incorrecta, mesmo que ainda não exista outra bem fundamentada para contrapor.</p> <p>D4 -Quando uma conjectura coerente com o conhecimento escolar é apresentada por um dos alunos do grupo e é recusada a) -se o aluno insiste, especificando as dúvidas e solicitando mais informação junto do professor ou nos livros, o grupo passa a admitir que a conjectura seja analisada para decidirem sobre a sua aceitação. b) -se o aluno consegue fundamentar o seu ponto de vista, este passa a ser aceite pelo grupo.</p>	<p>E1-As conjecturas são elaboradas com base no conhecimento escolar e devidamente fundamentadas.</p> <p>E2-As conclusões são apresentadas com base nos dados obtidos e são explicadas com pormenor com base no conhecimento escolar.</p> <p>E3-Conseguem distinguir evidência conclusão e fundamento ou fazem tentativas para tal.</p> <p>E4-São apresentados argumentos que partem da evidência para a hipótese; referindo: <i>se foi constatado ... então provavelmente significa que ...</i></p> <p>E5-São apresentados argumentos da causa para o efeito. Prevendo que um evento irá causar outro, com referências do tipo: <i>se fizer...então irá acontecer.</i></p>	<p>F1-As previsões e explicações são bem fundamentadas e as actividades são bem planeadas sugerindo medições e controlo de variáveis para verificar a validade das mesmas.</p> <p>F2-Se a experiência não confirma os pontos de vista considerados correctos e bem fundamentadas, estes não são logo postos em causa mas é repensada a forma como foi conduzida a experiência.</p> <p>F3- Se os dados da observação, criteriosamente obtidos, a isso obrigam é procurado outro modelo teórico.</p> <p>F4-O recurso a uma analogia adequada é usado para fundamentar um argumento a favor do novo modelo teórico.</p> <p>F5-Quando são detectadas conexões entre eventos, é colocada a questão de se estar perante uma relação causa-efeito e é feita a distinção entre relações causa-efeito e correlações</p>

Em cada nível, foram considerados alguns dos tipos de argumentos/esquemas de raciocínio que, segundo Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999), devem ser identificados no diálogo entre alunos. Entre eles contam-se os que fazem apelo à autoridade, os que reconhecem a insuficiência de informação e a solicitam, os que recorrem a uma comparação, e aqueles que foram explicitados no segundo capítulo (ponto 2.2.4) como sendo tipos de argumentos que procedem da evidência para a hipótese, da correlação para a causa, da causa para o efeito. Alguns dos referidos esquemas de raciocínio figuram no primeiro nível da grelha elaborada para análise de interacções verbais e outros figuram no segundo nível. Todos foram utilizados por Duschl, Ellenbogen e Erduran (1999) num estudo em que procederam à análise dos argumentos dos alunos. Nesse estudo os autores agruparam numa mesma categoria, com a designação de inferências, os três tipos/esquemas de raciocínio (da evidência para a hipótese, da correlação para a causa, da causa para o efeito). Como se pode constatar no quadro 4, estes três últimos tipos de argumentos figuram no segundo nível. Para a concretização desta análise, e dado que as intervenções individuais ocorreram durante a execução de actividades que incluíam questões a que os grupos de trabalho deveriam ir respondendo por escrito, recorreu-se aos registos efectuados pelos grupos, na ficha de trabalho, para complementar a informação fornecida pela gravação áudio. Este modo de proceder foi de particular importância nos casos em que as previsões e/ou conclusões aceites pelos grupos não foram explicitadas oralmente nas intervenções individuais dos alunos, e revelou-se útil, em todos os casos, para clarificar a evolução dos seus pontos de vista, pois os consensos gerados em cada etapa das actividades foram sempre registados por escrito.

Todas as sequências de intervenções obtidas em todos os grupos de trabalho e gravadas em áudio, durante a execução das actividades seleccionadas para análise foram examinadas para proceder à identificação dos fragmentos dessas sequências correspondentes a cada um dos itens incluídos da grelha de análise. Também todos os registos escritos efectuados pelos grupos de trabalho, no decorrer das mesmas actividades, foram classificados de acordo com os itens contemplados na grelha de análise. Assim, com base na análise desses fragmentos e dos registos escritos da ficha de trabalho, obteve-se uma visão global da presença, quer das atitudes que se enquadram no primeiro nível e que não evidenciam reflexão crítica, quer das manifestações de atitudes metacognitivas dos alunos que se enquadram no segundo nível. No entanto, mais do que uma caracterização feita item a item, interessa a dinâmica das interacções, dado que esta permite compreender como é que as diferentes ideias e opiniões interferiram para que os alunos chegassem às conclusões apresentadas em cada etapa. De facto, em cada grupo de trabalho, a existência ou

ausência de evolução dos pontos de vista e a construção dos consensos foi influenciada pela dinâmica das interacções que se estabeleceram no interior desse mesmo grupo, as quais dependem de factores tais como: as previsões e/ou conclusões apresentadas individualmente e acompanhadas, ou não, de explicações; o conhecimento prévio que cada um dos alunos usou, ou não, para fundamentar essas explicações; a análise dos resultados obtidos e o confronto destes com os pontos de vista defendidos individualmente ou já aceites por consenso; a intervenção do professor/a em alguns casos; a cada momento, a reacção do grupo de trabalho às intervenções individuais.

A análise da evolução dos grupos de trabalho implicou que as respostas/explicações consensuais apresentadas para cada uma das quatro actividades na fase de previsão (itens A1, C2, C3) fossem comparadas com as que são apresentadas após a realização das actividades e após a reflexão sobre as questões de relacionamento (itens B1, B2, B3, C1, D1 e D2). Antes de proceder à comparação das respostas/explicações consensuais apresentadas, relativamente a cada uma das actividades, nas diferentes fases do trabalho foi necessário proceder a classificação dessas respostas. Para tal foi definido um conjunto de categorias, apresentadas no quadro 5, que se centram na comparação das respostas dadas, pelos grupos de trabalho, com o ponto de vista cientificamente aceite.

Quadro 5

Categorias usadas na classificação das respostas apresentadas nos consensos dos grupos de trabalho nas diferentes fases das actividades

Categoria	Descrição da categoria
Apresenta um ponto de vista aceite (A)	O ponto de vista apresentado na previsão, na resposta à questão sobre a actividade laboratorial ou na resposta às questões de relacionamento é aceite à luz do conhecimento escolar
Apresenta um ponto de vista não aceite (NA)	O ponto de vista apresentado na previsão, na resposta à questão sobre a actividade laboratorial ou na resposta às questões de relacionamento não é aceite à luz do conhecimento escolar
Não refere nenhum ponto de vista (NR)	O ponto de vista sobre a actividade não foi referido quando procederam ao relacionamento das várias actividades

Para comparar as respostas apresentadas nas diferentes fases do trabalho e classificar a evolução dos grupos, foram consideradas as categorias apresentadas no quadro 6, que se centram na comparação das categorias (explicitadas no quadro 5) em que foram classificadas as respostas dos alunos em duas fases da actividade.

Quadro 6

Categorias usadas na comparação das respostas apresentadas nos consensos dos grupos de trabalho nas diferentes fases das actividades

Categoria	Descrição da categoria
Evolui (E)	O grupo passou a apresentar um ponto de vista classificado na categoria A depois de ter apresentado um ponto de vista classificado na categoria NA.
Mantém um ponto de vista aceite (MA)	O grupo mantém um ponto de vista classificado na categoria A
Mantém um ponto de vista não aceite (MNA)	O grupo mantém um ponto de vista classificado na categoria NA
Regride (Re)	O grupo passou a apresentar um ponto de vista classificado na categoria NA depois de ter apresentado um ponto de vista classificado na categoria A.

Devido aos numerosos factores que podem ter influenciado a discussão e os pontos de vista assumidos consensualmente pelos grupos de trabalho, cada grupo apresentou, no decorrer das etapas das actividades, um percurso de evolução próprio. No entanto, a análise dos diferentes percursos, relativamente a cada uma das actividades, permitiu identificar os seguintes cinco tipos de percursos evolutivos que a seguir são explicitados.

- a) *Os pontos de vista do grupo foram corrigidos definitivamente após a realização das actividades* – O ponto de vista não aceite (NA), apresentado na fase de previsão, foi alterado após a actividade laboratorial cujo resultado o grupo interpretou/explicou de um modo concordante com o conhecimento escolar (A) que se manteve nas respostas às questões de relacionamento;
- b) *Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar só foram corrigidos depois da discussão nas questões de relacionamento* - Após a actividade e durante a respectiva discussão o grupo apresentou uma interpretação/explicação não concordante com o conhecimento escolar (NA). Esta só foi alterada após a discussão nas questões de relacionamento passando a ser apresentada uma interpretação/explicação concordante com o conhecimento escolar (A);

- c) *Os pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar manifestados na fase inicial mantiveram-se na fase final do trabalho* – O grupo começou por apresentar um ponto de vista concordante com o conhecimento escolar que manteve na fase final;
- d) *Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar continuaram a manter-se nas questões de relacionamento* – O grupo interpretou/explicou o resultado da actividade de um modo não concordante com o conhecimento escolar (NA) e nas questões de relacionamento continuou a apresentar a mesma interpretação/explicação (NA);
- e) *O grupo regrediu apresentando pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar nas actividades de relacionamento* - Depois de ter apresentado para a actividade uma interpretação/explicação concordante com o conhecimento escolar (A), durante a reflexão nas questões de relacionamento, o grupo passa a apresentar uma interpretação/explicação não aceite (NA) para essa actividade

A classificação dos percursos evolutivos dos grupos de trabalho de cada grupo de investigação, e a comparação dos três grupos, com base nessa classificação, é apresentada no capítulo IV.

No que respeita à segunda perspectiva de análise, que visa a identificação de argumentos devidamente estruturados, para o caso das situações de interacção que se enquadram no primeiro nível de interacção verbal, em rigor, não se pode falar em capacidade de argumentação por parte dos alunos. No entanto, considerou-se que os alunos evidenciaram alguma capacidade de argumentação, não só nos casos em que reflectiram sobre as suas conclusões e as acompanharam das respectivas garantias e fundamentos, mostrando uma atitude metacognitiva, mas também em todos os casos em que mostraram alguma capacidade de discutir as questões em causa, mesmo quando não conseguiram fundamentar os seus pontos de vista. Assim, todas as sequências de intervenções em que se detectou a existência de discussão (manifestação de divergências, tentativas de confronto ou de procura de consenso, tentativas de esclarecimento de dúvidas, resposta a interpelações do professor(a), etc.) foram consideradas relevantes do ponto de vista das práticas argumentativas dos alunos e foram consideradas para a segunda perspectiva de análise. Segundo Lemke (1998), a selecção de amostras do discurso não deve ser governada por uma amostragem aleatória, pois os acontecimentos do discurso não constituem um conjunto homogéneo do qual possa ser feita uma amostragem no sentido estatístico. Estes acontecimentos podem ser associados pelos investigadores para propósitos particulares, mediante critérios estabelecidos, e existem tantos

possíveis princípios de agregação como dimensões culturais de significado para o discurso a ser estudado (Lemke, 1998).

Assim, para a concretização da segunda perspectiva de análise, depois de seleccionadas as sequências em que se detectou alguma discussão, procedeu-se a uma representação esquemática dessas sequências com base numa adaptação do modelo de argumento elaborado por Toulmin (1958). Os esquemas construídos para cada uma das sequências de intervenções foram analisados a fim de identificar a existência de fragmentos que constituíssem argumentos completos, ou seja, aqueles em cuja estrutura estivessem presentes dados, fundamento e conclusão. No entanto, nesta análise foi necessário ter em conta que as intervenções que constituem um argumento podem estar disseminadas numa sequência de intervenções e não serem referidas de forma sequencial (Clark & Sampson, 2008), o que, como será explicitado no capítulo IV, se verificou na participação dos vários alunos e do(a) professor(a). Sendo assim, as refutações ou simples interrogações e dúvidas, colocadas pelos diferentes elementos do grupo, surgiram intercaladas com as intervenções daquele que formulou a conclusão e, para identificar as componentes do argumento, foi necessário analisar extensas partes da conversa. Além disso, em alguns casos, os alunos podem mostrar-se empenhados na construção conjunta de uma conclusão e os argumentos são co-construídos (Jiménez Aleixandre & Diaz de Bustamante, 2003; Naylor, Keogh & Downing, 2006), o que também foi constatado nas discussões de alguns grupos de trabalho. Assim, as representações esquemáticas das sequências de intervenções foram norteadas pela estrutura do modelo de Toulmin (1958) mas constituem adaptações desse modelo. Nestas sequências de intervenções, não só foram identificados os fragmentos que constituíam argumentos completos, mas também foram identificados argumentos incompletos (parcelas de argumentos) em que está omissa algum dos elementos da estrutura do referido modelo (ausência de fundamentação teórica ou dos dados obtidos e/ou dos resultados anteriores em que a conclusão se apoia) e, nestes casos, procurou-se identificar os factores que impediram a construção de um melhor argumento.

Por outro lado, foi necessário ter em conta que a estrutura do modelo de argumento, segundo (Toulmin, 1958), é independente da área de conhecimento, mas a avaliação de um argumento não é independente dela (Toulmin, 1958). Sendo assim, a qualidade de um argumento na educação em ciências não pode ser efectuada apenas com base na estrutura, pois esta não proporciona informação sobre a sua qualidade, à luz dos critérios científicos (Sampson & Clark, 2008). Para avaliar a qualidade da argumentos dos alunos, é necessário analisar se incorporam evidência válida, se coordenam os dados e a teoria nas suas conclusões, ou se, pelo contrário, a

leitura dos dados é condicionada pelos seus pontos de vista, não compatíveis com o conhecimento científico. Assim, decidiu-se desenvolver uma classificação dos argumentos, em que o modelo de Toulmin (1958) tivesse um papel central na análise da estrutura dos argumentos, mas que implicasse a análise da validade, do ponto de vista científico, dos comentários dos alunos que constituem o conteúdo de cada um dos elementos do argumento. Esta análise devia distinguir os comentários que traduzem concepções cientificamente incorrectas, os que integram concepções correctas associadas a outras incorrectas (do ponto de vista científico), e os que apresentam apenas concepções cientificamente correctas. Este modo de proceder assemelha-se ao utilizado por Clark e Sampson (2008) quando desenvolveram critérios de análise para caracterizar a qualidade conceptual dos argumentos e a qualidade das justificações apresentadas por alunos. Estes autores classificaram a qualidade conceptual em quatro níveis que são os seguintes: não normativos (nível 0); transitórios (nível 1); normativos (nível 2); multi-normativo (nível 3). Por seu lado, a qualidade das justificações também foi codificada em quatro níveis: ausência de razões (nível 0), presença da explicação (nível 1), referência à evidência sem explicação (nível 2), presença de evidência e explicação ou coordenação de diferentes tipos de evidência (nível 3). No presente trabalho também se procurou fazer uma classificação dos argumentos que tivesse em conta quer a existência de argumentos estruturalmente correctos, quer o conteúdo científico dos comentários e o modo como justificam o relacionamento entre os elementos do argumento. Assim, procedeu-se de modo a ter em conta, nos comentários dos alunos, os seguintes aspectos: conteúdos aceitáveis, ou não, do ponto de vista científico; conteúdos que traduzem um relacionamento coerente, ou não, entre os elementos do argumento (coordenação entre evidência e teoria na defesa da conclusão); concordância da estrutura de relacionamento com o modelo de Toulmin (1958) (argumentos completos); aproximação da estrutura ao modelo (parcelas de argumentos em que está omissa a referência aos dados ou à justificação).

Ponderou-se também a possibilidade de ter em conta, na análise e classificação dos argumentos, os três esquemas de Walton (1996): da evidência para a hipótese, da correlação para a causa, da causa para o efeito. Estes poderiam ser considerados na definição de categorias de argumentos que diferissem no tipo de raciocínio utilizado para o relacionamento entre os seus elementos, o que contribuiria para a análise do tipo de evidência usada e da forma como é usada (Duschl, 2007). Estes três tipos de argumentos, juntamente com alguns outros dos esquemas de raciocínio propostos por Walton (1996), estão incluídos nos itens da grelha elaborada para a análise das interações verbais dos alunos, pelo que teria de ser analisada a sua presença ou ausência nas

interacções verbais dos alunos. No entanto, como será referido no capítulo seguinte, a análise das interacções verbais com base na grelha de análise mostrou a ausência de tais ocorrências no segundo nível de interacções verbais, o que está relacionado com a ausência de argumentos completos e com os respectivos elementos correctamente relacionados. Na verdade, os poucos argumentos completos (tomando como referência o modelo de Toulmin) que foi possível identificar nas interacções verbais dos alunos apresentavam um relacionamento superficial entre os seus elementos, em muitos casos limitavam-se a uma passagem, quase directa, dos dados obtidos para a conclusão e, em alguns casos, os relacionamentos eram confusos ou incluíam ideias não aceitáveis do ponto de vista científico. Tendo em conta estas ausências, não foram considerados os referidos esquemas de raciocínio propostos por Walton (1996) na definição de categorias de argumentos. Consequentemente, procurou-se estabelecer um modo de avaliar a qualidade, quer do ponto de vista estrutural quer do ponto de vista conceptual da argumentação, classificando os argumentos (completos ou as parcelas de argumentos) nas cinco categorias apresentadas no quadro 7.

Quadro 7

Categorias usadas na classificação dos argumentos apresentados pelos alunos

Categorias de argumentos	Definição das diversas categorias de argumentos
CC-C (Completo, correcto estruturalmente e cientificamente)	Completo, com os três elementos base correctamente relacionados, através dos respectivos conteúdos correctos e completos.
CC-F (Completo, correcto estruturalmente e com falhas)	Completo, com os três elementos base correctamente relacionados, através dos respectivos conteúdos os quais apresentam falhas por serem incompletos e/ou conterem pequenas incorrecções (questões de linguagem, enganos ou confusões).
CC-E (Completo, correcto estruturalmente e com incorrecções)	Completo, com conclusão incorrecta, mas com os três elementos correctamente relacionados através dos respectivos conteúdos, os quais, no entanto, apresentam incorrecções.
IC-F (Incompleto, correcto estruturalmente e com falhas)	Incompleto, com dois dos elementos (conclusão e outro dos elementos base) correctamente relacionados através dos respectivos conteúdos que apresentam falhas por serem incompletos e/ou conterem pequenas incorrecções.
IC-E (Incompleto, correcto estruturalmente e com incorrecções)	Incompleto com conclusão incorrecta, em que estão presentes apenas a conclusão e outro dos elementos base, os quais estão bem relacionados, através dos respectivos conteúdos que apresentam incorrecções.

As duas categorias (IC-F e IC-E) apresentadas nos últimos lugares do quadro 7 são consideradas as parcelas de argumentos em que está presente uma conclusão mas falta a referência aos dados obtidos ou ao conhecimento básico necessário e adequado para fundamentar a conclusão. Nas categorias CC-E e IC-E são considerados argumentos em que as conclusões não são correctas do ponto de vista do conhecimento escolar. A necessidade de considerar estas duas categorias decorreu do facto de os alunos de todos os grupos usarem o seu conhecimento prévio para interpretar os resultados das actividades e, no caso dos grupos AT e AS, para apresentarem previsões. Sendo assim, era possível a existência de argumentos que conduzissem ao aparecimento de conclusões não aceitáveis do ponto de vista do conhecimento escolar, mas que seriam coerentes com o conhecimento prévio dos alunos e nos quais os elementos estruturantes de um argumento estivessem bem relacionados. Tais argumentos, mesmo que apresentem uma estrutura concordante com o modelo de Toulmin (1958) e possam ser considerados estruturalmente correctos, não correspondem a argumentação válida do ponto de vista científico. No entanto, podem colocar em evidência a forma como os alunos raciocinam com base nas suas concepções prévias e abrir caminho para questionar essas concepções. Apenas quando o conteúdo de todos os elementos de um argumento se mostrou coerente com esse conhecimento escolar, o argumento foi classificado nas categorias CC-F e CC-C. Assim, a aplicação do conjunto de categorias adoptado implicou uma análise do conteúdo dos elementos do argumento e do seu relacionamento, à luz do conhecimento escolar.

Segundo Sampson e Clark (2008), o objecto de grande parte da investigação sobre a argumentação dos estudantes tem sido a identificação de padrões de argumentação (tais como :os estudantes tendem a produzir argumentos em que falha a justificação suficiente ou os estudantes tendem a produzir argumentos com uma estrutura simplista) em vez de ser as razões que estão subjacentes a tais padrões. No presente trabalho, com base nas categorias definidas, é analisada a estrutura dos argumentos apresentados pelos alunos, nos três grupos de investigação que trabalharam em diferentes contextos laboratoriais, e é também analisada a qualidade científica desses argumentos. Além desta análise, tendo em conta que os diferentes contextos de trabalho em sala de aula condicionam as práticas e as formas de falar que os estudantes são capazes de vivenciar (Ball, 1999; Erduran & Osborne, 2007), procede-se à comparação da qualidade estrutural e conceptual dos argumentos apresentados nos três grupos de investigação e é também comparada a quantidade de argumentos apresentados em cada grupo. Em paralelo, são comparados os resultados obtidos pelos três grupos na apropriação dos conceitos científicos e dos conceitos

relacionados com a argumentação em ciências. Deste modo, se procura compreender os factores inerentes aos diferentes contextos de trabalho que podem ter influenciado as práticas argumentativas dos estudantes e também a influência destas práticas na apropriação dos conceitos pelos alunos, contribuindo, assim, para a análise da relevância da argumentação na educação em ciências. Os resultados da análise dos argumentos dos alunos com base nas categorias definidas vão ser apresentados no quarto capítulo.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

Este capítulo é constituído por três subcapítulos. No primeiro subcapítulo (4.2) apresenta-se uma análise comparativa, com base no pré-teste e no pós-teste, da evolução dos alunos dos grupos experimentais e do grupo de controlo, relativamente ao conhecimento dos conteúdos conceptuais abordados durante as actividades.

O segundo subcapítulo (4.3) apresenta uma análise comparativa da evolução das ideias dos alunos, dos grupos experimentais e do grupo de controlo, acerca dos cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências que são considerados neste trabalho. A comparação da evolução dos grupos foi feita com base no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste.

Por fim, no último subcapítulo (4.4), é apresentado o resultado da análise de todas as conversas dos alunos, gravadas em áudio, durante a realização de actividades laboratoriais constantes da ficha de trabalho número quatro, bem como dos consensos gerados em cada grupo de trabalho e registados por escrito na mesma ficha. Para este efeito foram desenvolvidas duas perspectivas de análise caracterizadas no capítulo III, mais precisamente no ponto 3.9.3.

4.2 Análise comparativa da evolução dos alunos dos grupos de investigação relativamente ao conhecimento dos conteúdos conceptuais

Nesta análise foram consideradas as respostas apresentadas à primeira parte do questionário que, segundo a caracterização apresentada no capítulo III, no ponto referente às técnicas e instrumentos de recolha de dados (3.7), é constituída por seis conjuntos de questões.

Depois de efectuada para cada um dos grupos de investigação (AT, AS e FS) a análise comparativa das respostas dadas pelos alunos no pré-teste e pós-teste, com base nos critérios descritos em 3.9.1, foi construída a tabela 2 na qual, para cada conjunto de questões, está registado: o número de alunos que evoluiu nas respostas dadas a uma, a duas ou três questões; e o número total de respostas que sofreram melhoria, ou seja, que evoluíram.

Tabela 2

Evolução dos grupos nas respostas ao questionário sobre conteúdos conceptuais (f)

Grupo	Melhoria em:	Q1 e Q2		Q3 e Q4		Q5 e Q6		Q7 e Q8		Q9 e Q 10		Q10, Q11 e Q12	
		alunos	respostas	Alunos	respostas	alunos	respostas	Alunos	respostas	alunos	respostas	alunos	respostas
AT n =26	Uma questão	10	10	11	11	12	12	10	10	4	4	9	9
	Duas questões	15	30	3	6	3	6	13	26	19	38	12	24
	Três questões	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	4	12
	total com melhoria	25	40	14	17	15	18	23	36	23	42	25	45
	% com melhoria	_____	76,9	_____	32,7	_____	34,6	_____	69,2	_____	80,8	_____	57,7
AS n =17	Uma questão	10	10	7	7	4	4	2	2	2	2	3	3
	Duas questões	5	10	2	4	5	10	11	22	10	20	9	18
	Três questões	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	3	9
	total com melhoria	15	20	9	11	9	14	13	24	12	22	15	30
	% com melhoria		58,8		32,4		41,2		80,8		64,7	_____	58,8
FS n =21	Uma questão	10	10	7	7	6	6	2	2	9	9	4	4
	Duas questões	4	8	1	2	0	0	10	20	6	12	5	10
	Três questões	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	6	18
	total com melhoria	14	18	8	9	6	6	12	22	15	21	15	32
	% com melhoria		42,9		21,4		14,3		52,4		50,0		50,8

No que respeita à percentagem de respostas com melhoria, constata-se que, nas questões 1 e 2 (equilíbrio térmico) e nas questões 9 e 10 (efeito de estufa), o grupo AS apresenta percentagens intermédias entre a do grupo AT (a mais alta) e a do grupo FS (a mais baixa). Nas questões 5 e 6 (mudanças de estado) e nas questões 7 e 8 (condutividade térmica), o grupo AS apresenta percentagens mais elevadas que as dos dois outros grupos. Nas questões 3 e 4 (evaporação da água e ponto de ebulição), os grupos AT e AS apresentam percentagens próximas entre si e afastadas da do grupo FS (a mais baixa). Consequentemente para os cinco pares de questões, o grupo FS (que usou actividades fechadas e sensores) é aquele que, embora de um modo diferentemente acentuado, apresenta a menor percentagem de respostas com melhoria o que significa que evoluiu menos do que os grupos AT e AS que realizaram actividades com elevado grau de abertura.

Para o conjunto das questões 11, 12 e 13 (absorção da radiação visível e da radiação infravermelha), também é o grupo FS que apresenta a percentagem mais baixa de respostas com melhoria. Todavia, esta percentagem não é muito inferior às percentagens dos grupos AS e AT, a diferença é apenas cerca de 7,0%.

Por outro lado, comparando as percentagens de respostas com melhoria obtidas para os grupos AT e AS, verifica-se que para dois pares de questões (1 e 2; 9 e 10) essa percentagem é superior para o grupo AT, para outros dois pares (5 e 6; 7 e 8) é superior para o grupo AS e para os restantes dois grupos de questões as percentagens em causa são muito próximas.

De seguida vão ser ilustradas situações que correspondem à aplicação dos critérios de melhoria definidos no ponto 3.9.1 do terceiro capítulo: no pós-teste passou a ser apresentada uma resposta com referência a mais tópicos ou com uma explicação mais pormenorizada, ou no pós-teste foi apresentada uma explicação em que os tópicos passaram a ser referidos usando uma linguagem cientificamente mais correcta.

Relativamente ao assunto focado no conjunto das questões 1 e 2, que incidem sobre o equilíbrio térmico, verificou-se que:

- Alguns alunos deixaram de afirmar que “tudo fica à mesma temperatura” ou que “fica em equilíbrio com o ambiente” e passaram a falar em equilíbrio térmico. Foi o caso do aluno 11AGAS que começou por afirmar que “como a água está fria e a colher quente, houve um equilíbrio de temperatura” e passou a apresentar uma resposta que, não só envolve melhor linguagem mas, que é, também, mais completa ao afirmar: “Isto deve-se ao facto da colher, como está mais quente, ceder energia ao pirex com água fria até os dois objectos equilibrarem a sua temperatura. Este processo designa-se por equilíbrio térmico.
- Outros alunos deixaram de falar em “trocas de calor” ou “trocas de temperatura” e passaram a falar em transferências de energia entre o corpo e o meio ambiente. Deste caso, é exemplo a aluna 24AGAT que, no pré-teste, afirmou que “Ao introduzir a colher na cafeteira, como estava quente libertou calor para a superfície fria arrefecendo, e a superfície fria ao receber o calor aquece” e que, no pós teste, passou a responder: “Aconteceu devido ao facto de a colher que estava quente transferir a sua energia para a água o que provocou o aquecimento da água e o arrefecimento da colher”.
- Existem ainda outros alunos que já tinham referido o equilíbrio térmico, no pré-teste, e que, no pós-teste, acrescentaram uma referência às trocas de energia; ou que tinham referido as trocas de energia e que, no pós-teste, acrescentaram uma referência ao equilíbrio térmico. É

o caso do aluno 13AGAS que, no pré-teste, afirmou que “foi atingido o equilíbrio térmico, ao serem juntas duas superfícies a temperaturas diferentes haverá um igualar da temperatura de ambos até se estabilizar”. Posteriormente, no pós-teste, este aluno apresentou uma explicação mais pormenorizada e com linguagem mais correcta, afirmando o seguinte: “Segundo o princípio do equilíbrio térmico, os corpos que se encontram a maior temperatura arrefecem, fornecendo energia aos corpos de menor temperatura que conseqüente aquecem. Isto leva a que todos fiquem à mesma temperatura”.

No que concerne ao assunto focado nas questões 3 e 4, relacionadas com a evolução da temperatura durante o aquecimento de uma porção de água e durante a ebulição da mesma, constatou-se que:

- Grande parte dos alunos desenhou, no pré-teste, um gráfico da evolução da temperatura da água, durante o aquecimento e a ebulição da mesma, em que indicaram um aumento da temperatura seguido de um patamar. Na explicação do gráfico que construíram, muitos dos alunos referiram o valor constante da temperatura durante a ebulição, mas não explicaram esse facto nem apresentaram qualquer interpretação do que se passa ao nível das partículas, durante o tempo em que a temperatura se conserva constante. Este tipo de interpretação passou a ser apresentado, no pós-teste, em casos de evolução que vão ser ilustrados com a resposta da aluna 5AGFS. No pré-teste, esta aluna comentou o gráfico que construiu, afirmando que “a temperatura está a aumentar devido ao calor que a água recebe, depois fica constante porque está-se a dar o ponto de ebulição”. Posteriormente, no pós-teste, a aluna passou a fazer uma interpretação ao nível das partículas, explicando que a temperatura no início subiu “porque a água foi aquecida mas ao chegar aos 100° (ponto de ebulição da água) esta mantém-se pois a água precisa de usar a energia que recebeu sob a forma de calor para separar as suas partículas e não para aquecer”. Algo de idêntico se passa com a aluna 1AGFS que se refere à evaporação da água de um modo incorrecto, usando o termo condensação, ao afirmar que “no momento em que se dá a ebulição a temperatura aumenta mas depois estabiliza porque a energia passa a ser gasta na condensação da água”. No pós-teste, a aluna deixa de usar esse termo e explica o que se passa ao nível das partículas durante a ebulição, com a seguinte resposta: “A curva do gráfico aumenta enquanto a temperatura aumenta. Quando a água atinge o ponto de

ebulição a temperatura mantém-se constante, pois a sua energia é utilizada para a libertação das moléculas de água”.

Nas respostas às questões 5 e 6 que abordam situações em que ocorrem mudanças de estado (evaporação da água e fusão do gelo provocadas por incidência de raios solares), verificou-se que:

- Existe uma grande parte de alunos que, no pré-teste, na questão 6 referem “libertação do frio do gelo” ou da “energia fria contida no gelo”, o que parece indicar a presença de uma concepção prévia que, pelo menos em alguns casos, parece ter sido eliminada no pós-teste. De facto, passaram a referir que durante o processo de fusão do gelo foi retirada energia do meio ambiente. É exemplo deste caso, o aluno 16AGAS que, no pré-teste, afirmou que a situação relatada na pergunta acontece “porque há libertação do frio do gelo para a atmosfera, arrefecendo-a”. No pós-teste, passou a apresentar uma resposta em que usa uma linguagem mais correcta e que é, também, mais completa na medida em que afirma que a situação relatada na pergunta acontece “porque a energia radiante, os IV que normalmente servem para aquecer os corpos, vai ser usada para a quebra das ligações entre partículas para a passagem do estado sólido ao líquido e por isso é que se nota um maior arrefecimento”. É também o caso da aluna 4AGAS que, no pré-teste, afirmou que “ao iniciar o degelo, o gelo derrete e assim o frio liberta-se para o exterior” e que, no pós-teste, apresentou uma resposta bastante mais completa, referindo que, quando se inicia o degelo, “ocorre a passagem do estado sólido ao estado líquido [...] é necessário fornecer energia ao gelo para que aconteça a mudança de estado, esta energia é retirada ao ambiente e deste modo a temperatura ambiente diminui e o frio torna-se intenso”.
- Para a questão 5 são poucos os alunos que, mesmo no pós-teste, referem a evaporação da água da toalha ou a transferência de energia da garrafa para a toalha. De facto, no pré-teste, apenas um aluno (16AGAS) referiu a evaporação da água da toalha, ao apresentar uma justificação em que afirma que “o sol aqueceria a água da toalha não afectando a água da garrafa, por isso se diz que se deveria manter molhada, pois a água começava a evaporar devido à acção do calor do sol”. No pós-teste, este aluno faz referência à quebra de ligações entre partículas, quando diz concordar com a utilização da toalha molhada e a garrafa ao sol, que justifica do seguinte modo: “Porque quando a radiação IV bate na toalha esta radiação vai ser utilizada para quebrar as ligações entre as partículas”. Trata-se de uma resposta que, além de incompleta (visto não referir que durante a evaporação existe

transferência de energia da garrafa para a toalha) também não refere, de modo explícito, a evaporação da água da toalha. No entanto, apesar dessa falta de clareza, entendeu-se que devia ser considerada um caso de melhoria pelo facto de passar a fazer referência à quebra de ligações entre partículas.

Relativamente ao assunto focado nas questões 7 e 8 em que é comparado o arrefecimento de corpos colocados em meios de condutividade térmica diferente, constatou-se que:

- Existem vários alunos que, no pré-teste, não referem as condutividades térmicas da água e do ar, as quais passam a ser referidas no pós-teste. É o caso da aluna 4AGAS que, no pré-teste, aludiu apenas à transferência de energia, afirmando que “como a chávena se encontrava a uma temperatura superior à da água forneceu energia à água até se encontrarem os dois à mesma temperatura, assim, a temperatura da água diminui”, e que passou a referir, no pós-teste, as condutividades térmicas, ao afirmar que o procedimento foi correcto “porque a condutividade da água é maior do que a do ar e assim, a energia das partículas de leite passa com mais facilidade para as partículas da água do que do ar, diminuindo a sua temperatura mais rapidamente”. Esta resposta é uma resposta mais completa do que a do pré-teste, pois, além de referir a transferência de energia, refere a diferença entre a condutividade térmica da água e do ar.
- Também existem vários alunos que, no pré-teste, falam em “transferência de calor” ou “transferência de temperatura” e que, no pós-teste, passam a falar em transferência de energia. Um dos exemplos que pode ser apresentado é o da aluna 6AGFS que começou por afirmar que o procedimento foi correcto e que o leite arrefeceu, “pois houve transferência de calor do leite para a chávena e da chávena para a água tornando-se o leite menos quente e a água mais quente”. Esta aluna passou, no pós-teste, a falar em transferência de energia, ao afirmar que o procedimento foi correcto “pois a caneca como se encontrava a uma temperatura elevada, transferiu energia para a água, ou seja a caneca ficou a uma temperatura inferior e o leite também”. Passou também a referir a má condutividade térmica do ar, acrescentando que “isto não aconteceria com o ar pois este é um mau condutor do calor, o leite demoraria mais tempo a arrefecer”. Esta resposta é um caso de melhoria, pois é mais completa e também é usada uma linguagem mais correcta do que a do pré-teste.

No que diz respeito ao assunto focado nas questões 9 e 10, em que é abordado o efeito de estufa, constatou-se que:

- A maioria dos alunos, no pré-teste, faz referência à retenção de “calor” dentro da estufa ou do carro, sem explicarem em que consiste o efeito de estufa, mas alguns apresentam uma explicação, no pós-teste, com base na ideia de que a radiação IV é retida pelo vidro. É disto exemplo o caso do aluno 21AGAT que, no pré-teste, referiu que “as estufas permitem que os raios solares entrem para o interior mas não deixam que o calor produzido por esses raios se escape”, mas que passou, no pós-teste, a referir a emissão de radiação IV, afirmando: “O plástico de que são feitas as estufas deixa passar a radiação solar. Esta energia, depois de atingir os corpos no interior, é emitida na forma de IV. Como o plástico é impermeável aos IV a temperatura no interior vai subir”. Outro exemplo é o caso da aluna 5AGFS que considerou que o ‘calor’ fica retido na estufa e que fez uma comparação inadequada entre os vidros da estufa e a chapa do carro, quando afirmou, no pré-teste, que “o vidro de que é constituída a estufa é tal e qual como o metal dos veículos (carro) ou seja, deixa o calor entrar, absorve o calor, mas não deixa sair, não o emite”, mas abandonou esta justificação, no pós-teste, dizendo que a temperatura nas estufas é mais elevada “pois a radiação visível proveniente do sol é transmitida para o interior da estufa, mas depois não sai pois transforma-se em IV e o material de que é feito as estufas reflecte esta radiação”. Também está neste caso o aluno 20AGAT que, depois de afirmar que “as estufas retêm o calor, ocorrendo a mesma coisa que no carro”, passou a apresentar uma resposta que, apesar de conter uma incorrecção relativa à emissão de radiação visível, evidencia uma melhoria, ao explicar o efeito de estufa com base na retenção da radiação IV, do seguinte modo: “Porque são absorvidas as radiações IV e a luz visível, mas só esta última é que é emitida. As radiações IV são retidas dentro da estufa”.

No caso das questões 11, 12 e 13, que dizem respeito a situações em que ocorre a absorção da radiação visível ou da radiação infravermelha por corpos de superfície exterior preta, branca e polida, e também uma situação em que ocorre absorção da radiação solar, transferência de energia e uma mudança de estado, constatou-se que:

- Alguns alunos usam linguagem incorrecta, dizendo que o negro “atrai o calor” mas passam a usar uma linguagem mais correcta no pós-teste. É o caso de um aluno 12AGFS que apresenta, no pré-teste, para a questão 11, uma resposta na qual afirma que “o negro atrai

melhor a luz e o calor proporcionando um melhor aquecimento” e, no pós-teste, embora continue a fazer confusão com o corpo negro, apresenta uma resposta em que acrescenta uma referência à reflexão por parte do corpo polido, afirmando: “Sim porque ao serem negras absorvem muito melhor do que as metálicas porque o negro é o absorvedor universal enquanto que o metal brilhante reflectiria muito mais”.

- Outros alunos usam incorrectamente o termo temperatura. Este é o caso do aluno 7AGAS que, na resposta à questão 12, admitiu, sem justificar, que as folhas escuras estariam a uma temperatura mais elevada, ao afirmar “[...] será talvez por as folhas terem mais temperatura que as outras”, e que apresentou, no pós-teste, uma resposta ainda incompleta mas que apresenta uma melhoria, na medida em que faz referência à absorção da energia com a seguinte justificação: “porque estão a uma maior temperatura que as restantes folhas porque as castanhas absorvem mais energia que as outras”.
- Ainda no que diz respeito ao assunto focado nestas mesmas questões, existem casos em que os alunos começam por apresentar uma justificação que não é incorrecta mas que é muito incompleta. É o caso da aluna 2AGFS que começou por apresentar uma justificação muito incompleta, ao afirmar que “talvez porque as folhas mais escuras derretem a neve” e que, no pós-teste, justificou de modo mais completo, referindo-se às folhas escuras nos seguintes termos: “são atingidas mais facilmente pela radiação e absorvem-na aumentando a sua energia interna, derretendo a neve ficando assim enterradas”.

Na tabela 2, pode constatar-se que a evolução dos grupos não foi igualmente acentuada em todas as questões colocadas. De facto, para o par de questões 3 e 4 e o par de questões 5 e 6 (relacionados, respectivamente, com ebulição e com evaporação e fusão) apresentam as mais baixas percentagens (tabela 2) de respostas com melhoria para os três grupos, sendo esta particularmente baixa no grupo FS. Note-se porém que esta evolução pouco acentuada tem diferentes explicações nos dois conjuntos de questões. De facto, no caso das questões 3 e 4, no pré-teste, todos os alunos responderam às duas questões, existindo poucas respostas que se mostraram incompatíveis com o conhecimento escolar. Pelo contrário, nas questões 5 e 6, constatou-se por um lado, a existência, no pré-teste, de respostas não aceitáveis, e, por outro lado, a ausência total de respostas à questão 6, no pré-teste e no pós-teste por parte de alguns alunos.

Nas respostas às questões 3 e 4, grande parte dos alunos referiram, no pré-teste, o valor constante da temperatura durante a ebulição e mantiveram, no pós-teste, o mesmo tipo de resposta.

- Exemplo deste tipo de situação é o aluno 16AGAS que, no pré-teste, afirma que o gráfico “faz uma recta até aos 100° que é onde a água entra em ebulição e depois mantém-se os 4 minutos nos 100° pois não consegue subir mais visto que evapora”, e nada acrescenta, no pós-teste, visto que afirma: “A água estava à temperatura ambiente e foi subindo lentamente até entrar em ebulição aos 100°. Mantém 4 minutos nos 100° porque essa é a temperatura a que a água evapora não podendo subir mais”.
- Outro exemplo é o caso do aluno 14AGAS que, no pré-teste, refere o facto de, durante a ebulição, a temperatura se manter constante, dizendo que “no início do aquecimento a temperatura da água não é zero, vai aquecendo lentamente acabando por atingir o ponto de ebulição 100° que se mantém depois constante”, e que, no pós-teste, se limita a afirmar: “Como não há dados de que a temperatura inicial era zero, a água encontrar-se-ia à temperatura ambiente entrando em ebulição (100°) ao fim de 5 minutos e depois durante 4min mantém-se constante”.

O tipo de situação que ocorreu com o par de questões 5 e 6, pode ser exemplificado com os seguintes casos:

- A aluna 19AGFS, no pré-teste, parece não ter em conta as condições colocadas no enunciado da questão 5. De facto, a aluna defende a opinião de que a toalha molhada não tem qualquer vantagem, afirmando que “à sombra a temperatura é menor logo aquece menos a garrafa, o facto de ter a toalha não adiantaria nada porque esta aquecia e abafaria a garrafa, aumentando-lhe a temperatura”, o que mostra que não atendeu ao facto de que a toalha devia ser mantida molhada. No pós-teste, a aluna continua a afirmar que “passado algum tempo tanto fazia que a toalha estivesse molhada ou não”.
- No que diz respeito à questão 6, como já foi referido, em muitas das respostas estava presente, no pré-teste, a ideia de que o gelo liberta “energia fria”, a qual se manteve, em alguns casos, no pós-teste. É exemplo deste tipo de situação o caso do aluno 10AGAS que apresentou, no pré-teste e pós-teste, respectivamente, as respostas seguintes: “ [...] porque os raios solares a bater no gelo, o calor frio do gelo iria ser libertado. Por essa razão é que o frio se torna mais intenso” e “[...] os raios solares ao incidirem no gelo provocam a libertação de ar frio, fazendo com a temperatura seja um frio muito intenso”.
- Também é exemplo deste tipo de situação o aluno 1AGAS que, no pré-teste, afirma: “Não tenho a certeza mas na minha opinião o gelo ao ser derretido pelo calor do sol vai libertar

uma energia e essa energia vai ser fria” e que, no pós-teste, continua a manifestar o mesmo ponto de vista ao afirmar que “o frio está armazenado no gelo quando este é descongelado liberta o frio que contém”.

As situações que acabam de ser exemplificadas ajudam a perceber por que razão, nos dois pares de questões, as baixas percentagens de respostas com melhoria não podem ser interpretadas do mesmo modo. De facto, no par de questões 5 e 6, os alunos que não evoluíram continuaram a não responder ou a manifestar pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar. Estas questões, apesar de relacionadas com a vida quotidiana, não são objecto de reflexão no dia a dia, e, em particular, na questão 5, os pormenores apresentados parecem ter passado despercebidos e não ter sido devidamente analisados pelos alunos. Assim, apesar de as questões 5 e 6 incidirem em assuntos trabalhados nas aulas, os alunos não aplicaram os conhecimentos adquiridos às situações apresentadas nas questões 5 e 6. Pelo contrário, no par de questões 3 e 4 quase todas as respostas que se mantiveram sem evolução são respostas em que, tal como nos exemplos apresentados, os alunos já tinham apresentado respostas que, embora com linguagem incorrecta e incompletas não se apresentaram totalmente incompatíveis com o conhecimento escolar. Este facto poderá estar associado à dificuldade dos alunos tenderem a apresentar explicações completas e profundas e se terem contentado com as explicações superficiais em que não relacionam dados e teoria (Sandoval & Reiser, 2004) que tinham apresentado no pré-teste.

As baixas percentagens de respostas com melhoria no par de questões 3 e 4 (nos grupos AT e AS, as mais baixas de todos os conjuntos de questões) são acentuadas pelo facto de, entre as respostas com melhoria, existir uma elevada percentagem de pequenas melhorias (tabela 3) que, nos grupos AT e AS, são as mais altas de todos os conjuntos de questões. Recorde-se que as pequenas melhorias foram definidas no capítulo III no ponto 3.9.1. Nesta tabela está indicado, para cada conjunto de questões e para cada um dos grupos de investigação, o número de respostas com melhoria, já apresentadas na tabela 2, e, entre estas, quantas correspondem a pequenas melhorias e, ainda, a fracção de respostas que corresponde às pequenas melhorias.

Como se pode verificar (tabela 3), para as questões 3 e 4, o número de respostas com pequenas melhorias, em qualquer um dos grupos, corresponde, aproximadamente, a metade do total de respostas com melhoria. Na mesma tabela é possível constatar que, com excepção do par de questões 9 e 10, em todos os outros pares de questões, a parcela de respostas com pequena melhoria é maior no grupo FS do que nos grupos AS e AT, o que aumenta o afastamento entre estes

grupos e o grupo FS, o qual é mais acentuado do que deixavam supor as percentagens apresentadas na tabela 2. Este aumento é notório no par de questões 5 e 6, em que a parcela de respostas que corresponde a pequenas melhorias, no grupo FS, é bastante elevada.

Tabela 3

Presença de pequena melhoria nas respostas às questões sobre o conhecimento dos conteúdos científicos

Grupos	Melhoria	Q1 e Q2	Q3 e Q4	Q5 e Q6	Q7 e Q8	Q9 e Q10	Q11, Q12 e Q13
AT (n =26)	Total de respostas com melhoria	40	17	18	36	42	45
	respostas com pequena melhoria	10	8	5	1	13	18
	parcela de respostas cuja melhoria é pequena	0,25	0,47	0,28	0,03	0,31	0,40
AS (n =17)	Total de respostas com melhoria	20	11	14	24	22	30
	respostas com pequena melhoria	5	6	4	4	7	12
	parcela de respostas cuja melhoria é pequena	0,25	0,55	0,29	0,17	0,32	0,40
FS (n = 21)	Total de respostas com melhoria	18	9	6	22	21	34
	respostas com pequena melhoria	8	5	4	6	6	17
	parcela de respostas cuja melhoria é pequena	0,44	0,56	0,67	0,27	0,29	0,50

Também para o conjunto de questões 11, 12 e 13, se verifica que o afastamento entre os grupos AT e AS, por um lado, e FS por outro, é mais acentuado, se for tida em conta a parcela de respostas cuja evolução corresponde a uma pequena melhoria, a qual é superior para o grupo FS. No entanto, neste grupo de questões as percentagens de respostas com pequena melhoria são próximas. Os diversos tipos de pequena melhoria, para os diferentes grupos de questões, vão ser ilustrados de seguida. Assim, são exemplos do primeiro tipo de situações de pequena melhoria que partem de ausência de resposta no pré-teste, os seguintes casos de respostas no pós-teste:

- Na questão 3, uma resposta em que a aluna 26AGAT afirmou: “Até aos 5 minutos, até entrar em ebulição, aumenta a temperatura e depois de entrar em ebulição mantém-se” que sendo bastante incompleta constitui uma pequena melhoria pois refere o facto da temperatura se manter constante durante a ebulição.
- Na questão 6, uma resposta em que o aluno afirma: “Justifica-se uma vez que a água com uma maior concentração de partículas relativamente ao ar proporciona um mais rápido arrefecimento dos corpos, tal como na questão anterior”. Nesta resposta, embora sem fazer

referência explícita à condutividade térmica da água, o aluno referiu-se ao facto de esta ser melhor condutora por existir maior proximidade entre as partículas da água do que entre as partículas do ar, o que traduz alguma compreensão, por parte do aluno, da situação em causa.

- Na questão 12, uma resposta em que a aluna 3AGFS afirma que as folhas escuras “enterram mais rapidamente na neve porque absorvem melhor do que as claras, logo vai haver mais pressão sobre elas”. Esta resposta foi considerada uma pequena melhoria por ter referido a maior absorção das folhas escuras, apesar de não explicitar que foi absorvida energia e de fazer referência despropositada à pressão.

Nestes casos os alunos não tinham apresentado resposta no pré-teste e as respostas no pós-teste, embora insuficientes, foram classificadas como pequenas melhorias. No entanto, existem muitas situações de ausência de resposta no pré-teste e com resposta no pós-teste que não foram classificadas como casos de pequena melhoria de apresentarem uma linguagem muito incorrecta. Deste caso são exemplos, a resposta do aluno 3AGAS à questão 6 que, no pós-teste, afirma: “Isto acontece porque durante o degelo são libertadas temperaturas baixas para que o equilíbrio térmico se estabeleça”; e a resposta do aluno 8AGAS à questão 10 que, no pós-teste, fez referência ao material que constitui a estufa, associando-o à temperatura elevada no interior da mesma, usando uma linguagem muito incorrecta ao afirmar que o plástico que constitui a estrutura da estufa “é submetido ao calor solar sendo constantemente aquecido e permitindo a passagem da temperatura para o interior. Formando então uma temperatura superior à temperatura ambiente”, que também não foi classificado como pequena melhoria.

O segundo tipo de situações, consideradas como pequenas melhorias, e que partem de respostas inaceitáveis no pré-teste vão ser exemplificadas com alguns casos em que o pré-teste indicou que o aluno não compreendeu a questão, mas que, no pós-teste, a resposta já revela alguma compreensão do assunto por parte do aluno.

- Na resposta à questão 5, no pré-teste, o aluno 8AGFS afirmou que “a toalha não servia de nada uma vez que quando a temperatura da toalha se elevasse o calor da toalha transmitir-se-ia para a garrafa aquecendo assim a água”, passando, no pós-teste, a referir a possibilidade de a garrafa ceder energia para a toalha, ao dizer o seguinte: “porque vai fazer com que a garrafa transfira calor para a toalha mantendo-se a garrafa fresca”. Nesta

resposta, embora sem apresentar uma explicação, o aluno reconhece a função da toalha e a possibilidade de transferência de energia da garrafa para a toalha.

- Em resposta à questão 6, a aluna 7AGFS afirmou, no pré-teste, que “O frio torna-se mais intenso porque quando se inicia o degelo a energia que o gelo continha está a ser transmitida tornando-se assim o frio mais intenso” passando. No pós-teste, passou a apresentar uma resposta muito incompleta, mas já aceitável, ao dizer o seguinte “[...] para derreter o gelo é preciso energia que é utilizada para derreter o gelo e não para aquecer o ambiente”. Outra aluna 26AGAT afirmou, no pré-teste, que “com a evaporação do gelo, os vapores de água são muito frios e baixam as temperaturas” e, no pós-teste, explicou que “ao iniciar o degelo, com o calor do sol, há uma evaporação e conseqüentemente um decréscimo de temperatura”, o que constitui uma justificação muito incompleta mas que não contraria o conhecimento escolar;

Para exemplificar o terceiro tipo de situações, em que a resposta apresentada no pré-teste já contém algo que é aceitável, e, no pós-teste, sendo pouco acrescentado no pós-teste, são apresentados os dois casos seguintes:

- A aluna 6AGAS, no pré-teste, na resposta à questão 3, faz referência à energia necessária para a libertação das partículas, afirmando que “a água subiu a sua temperatura até entrar em ebulição e a partir daí a energia transferida do disco eléctrico foi utilizada na libertação de partículas para a atmosfera por isso a temperatura estabiliza” e, no pós-teste, acrescenta apenas uma referência à relação entre a energia interna e temperatura, visto que afirma: “[...] a temperatura estabiliza quando atinge o ponto de ebulição porque a energia que está a ser transferida vai ser para as partículas se libertarem e não para aumentar a energia interna e conseqüentemente a temperatura”.
- Na questão 9, alguns alunos, no pré-teste, consideraram que o calor fica retido dentro do carro fechado devido à ausência de circulação de ar. É o caso da aluna 6AGFS que justificou a temperatura superior, dentro do carro, com base na ideia de que “[...] o calor vai passar através dos vidros que transmitem o calor para dentro do carro, mas este está fechado e o calor fica lá dentro e não circula, por isso está mais quente do que no exterior”. Esta aluna passa a apresentar, no pós-teste, uma resposta que, embora muito incompleta, por não fazer qualquer referência à radiação IV, recorre a uma linguagem mais correcta, já não diz que o calor passa através dos vidros mas que a energia proveniente do sol “atravessa os

vidros do carro e fica lá contida, esta não sai, daí a temperatura dentro do carro ser mais elevada”.

- A situação apresentada na questão 10 foi explicada pela aluna 5AGAS que no pós-teste acrescenta uma referência à radiação IV que não existia no pré-teste. Neste teste tinha justificado a elevação de temperatura dizendo que “A temperatura é mais elevada pois o calor recebido é muito superior aquele que é libertado, formando assim um ambiente muito quente” e continuou, no pós-teste, a afirmar que a estufa não permite que o calor seja libertado para o exterior mas acrescentou que “ [...] A radiação IV permanece no interior da estufa porque a mesma é emitida e reflectida”. Também a aluna AGAT12, no pré-teste, já refere o facto da energia ficar retida, mas, no pós-teste, acrescentou apenas uma referência à radiação IV. Na verdade, no pré-teste, esta aluna justifica a temperatura elevada dentro das estufas afirmando “ [...] pois a energia que é transferida para dentro da estufa sai em menos quantidade quando é transferida do interior da estufa para o exterior” e, no pós-teste, justifica dizendo o seguinte “ [...] pois entra radiação visível e IV, ao sair a radiação IV fica retida e a visível é emitida, assim a temperatura dentro da estufa aumenta”. Apesar de falar erradamente em emissão de luz visível, esta última resposta foi considerada melhor do que a anterior, por fazer referência à retenção da radiação IV, da qual resulta o aumento de temperatura.

Todas as questões incluídas no questionário incidiram sobre situações da vida quotidiana que não são habitualmente objecto de reflexão e não foram directamente discutidas em sala de aula, mas que estavam relacionadas com as actividades laboratoriais realizadas. Constatou-se que algumas das situações focadas se mostraram de interpretação acessível, mas outras situações se mostraram de interpretação menos acessível. É o caso das questões 5 e 6 e também as questões 12 e 13, relativamente às quais, no pré-teste, ocorreu o maior número de ausências de resposta. No entanto, para o conjunto de questões 11, 12 e 13 as percentagens de respostas com melhoria, não sendo muito elevadas, são bastante mais elevadas do que as encontradas para as questões 5 e 6, visto que são superiores a 50%, nos grupos AT e AS, e que rondam os 50% no grupo FS.

Apesar de todos os grupos terem melhorado na sequência do ensino aprendizagem da temática em causa, de forma sintética, as tabelas 2 e 3 permitem constatar que:

- Em todos os conjuntos de questões, o grupo FS evoluiu menos do que os grupos AT e AS, embora não de modo igualmente acentuado em todos esses conjuntos;

- No conjunto de questões 11, 12 e 13, a diferença entre o grupo FS e os grupos AT e AS foi a menos acentuada;
- O par de questões 3 e 4 e o par de questões 5 e 6 obtiveram percentagens de evolução muito baixas;
- Em todos os outros conjuntos de questões, as percentagens de respostas com melhoria são superiores a 50%, exceptuando-se o par de questões 1 e 2 no caso do grupo FS.

Assim, constata-se que todos os grupos evoluíram na sua compreensão dos conteúdos conceptuais abordados e que a evolução dos grupos que realizaram actividades com grau de abertura elevado foi mais acentuada do que a do grupo FS. Este facto era esperado tendo em conta que os primeiros realizaram actividades POER que podem contribuir positivamente para a reestruturação do conhecimento conceptual. De facto, os alunos dos grupos AT e AS formularam as suas previsões com base no seu conhecimento prévio e tiveram oportunidade de as confrontar com os resultados das actividades. Neste contexto, a evidência empírica pode ser usada pelos alunos para, através da discussão, repensarem os seus pontos de vista e procurarem novas explicações baseadas em dados empíricos e em argumentos teóricos (Hofstein & Lunetta, 2002; Scanlon *et al.*, 2002; Watson & Swain, 2004). Entre os assuntos abordados, o mais amplamente discutido, em todos os três grupos de investigação, foi o assunto focado no conjunto de questões 11, 12 e 13, pois estava relacionado com as actividades laboratoriais da ficha número quatro que incluía maior número de actividades e uma questão em que foi solicitado o relacionamento dessas actividades.

4.3. Análise comparativa da evolução dos alunos dos grupos de investigação, relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências

Para proceder à análise das ideias dos alunos relativamente a cada um dos conceitos, foram classificadas as respostas que deram às questões da segunda parte do questionário, com base nas categorias de resposta caracterizadas no terceiro capítulo, mais precisamente no ponto 3.9.2 referente ao tratamento e justificação da análise de dados. Esta classificação foi feita depois de, em cada uma das respostas dos alunos, ter sido identificada a presença ou ausência das referências aos elementos definidores de cada um dos conceitos, também já apresentados e discutidos no mesmo subcapítulo. Para a análise da evolução dos grupos foram consideradas as respostas dadas pelos alunos no pré-teste, no teste intermédio e no teste final.

4.3.1. Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de Hipótese

4.3.1.1 Evolução global das ideias dos alunos sobre Hipótese

Na tabela 4 apresentam-se os resultados da análise das respostas dos alunos sobre o conceito de hipótese, dadas no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste. As categorias utilizadas na análise, já apresentadas e discutidas no capítulo anterior (quadro 3), figuram na tabela 4 de um modo ordenado, da que corresponde à categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (sem resposta aceitável).

Tabela 4

Desempenho dos alunos na definição do conceito de hipótese, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste

(N=64)

Categorias de Resposta	Grupo AT (n=26)						Grupo AS (n=17)						Grupo FS (n=21)							
	Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%		
Completa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Incompleta I2+	4	15,4	10	38,5	7	26,9	1	5,9	6	35,3	6	35,3	3	14,3	4	19,0	5	23,8		
Incompleta I1	6	23,1	8	30,8	12	46,2	5	29,4	7	41,2	6	35,3	1	4,8	3	14,3	4	19,0		
Mista	4	15,4	2	7,7	3	11,5	4	23,5	1	5,9	2	11,8	5	23,8	4	19,0	6	28,6		
Sentido corrente	11	42,3	6	23,1	4	15,4	5	29,4	3	17,6	2	11,8	10	47,6	5	23,8	4	19,0		
Sem resposta aceitável	1	3,8	0	0,0	0	0,0	2	11,8	0	0,0	1	5,8	2	9,5	5	23,8	2	9,5		

Comparando as respostas dadas, no pré-teste, pelos alunos dos três grupos não se pode afirmar que os grupos estivessem nas mesmas condições iniciais. De facto, a percentagem de respostas na categoria SR (sem resposta aceitável) é mais alta no grupo AS (11,8%), seguindo-se o grupo FS (9,5 %) e o grupo AT (3,8%), este com o menor valor. Por outro lado, no pré-teste, as percentagens de respostas classificadas na categoria I (I1 e I2+) são bastante próximas nos grupos AT e AS (38,5% e 35,3%) e mais altas do que do grupo FS (19,2%). Sendo assim, para proceder à comparação dos grupos não podem ser considerados apenas os resultados do pós-teste; é necessário analisar a evolução de cada um dos grupos e comparar essa evolução.

Através da tabela 4 e comparando os resultados obtidos para cada grupo nos diversos testes, é possível obter informação sobre a evolução dos grupos. Assim, constata-se que não existe

nenhum aluno, em qualquer dos grupos, que tenha apresentado uma resposta na categoria C (completa). Constata-se também que o número de respostas, classificadas na categoria SC (sentido corrente) diminui desde o pré-teste até ao teste final, em todos os grupos, mas o mesmo não acontece com as respostas incluídas na categoria SR (sem resposta aceitável) cujo número só diminui nos grupos AT e AS. De facto, no grupo FS, no teste final, o número de alunos sem resposta aceitável é o mesmo do pré-teste. Quanto ao número de respostas que se situam na categoria I (I1 e I2+), entre o pré-teste e o teste intermédio, existe um aumento que é mais acentuado nos grupos AT e AS do que no grupo FS, mas pode dizer-se que, na globalidade, aumenta desde o pré-teste até ao teste final em todos os grupos, o que indica que, apesar de não terem alcançado a resposta correcta, os grupos evoluíram.

Todavia, dadas as diferenças iniciais que se verificaram entre os grupos, e tendo em conta que, no teste intermédio, ocorreram evoluções que foram seguidas de regressão, a análise comparativa da evolução dos grupos vai ser efectuada através da análise dos resultados de cada um dos alunos nos três testes. Na tabela 5 apresenta-se a evolução dos diversos alunos dos três grupos, do pré-teste para o teste intermédio, deste para o teste final e do pré-teste para o teste final. Como foi explicado no capítulo III, para análise da evolução dos alunos entre cada par de testes consideram-se três categorias principais de análise: mantêm, regridem e evoluem.

Tabela 5

Evolução dos alunos na definição do conceito de hipótese (f)

(N=64)

Categorias		Mantêm					Regridem						Evoluem								
													1cat			2cat			1cat			2cat			3cat
Grupo	Testes	I2	I1	M	SC	SR	I2/I1	M/SC	SC/SR	I1/M	I2/M	M/SR	I1/I2	M/I1	SR/SC	SC/M	SC/I1	M/I2	SR/M	SC/I2	SR/I1
AT n=26	Pré/Int	1	2	...	5	.....	3	.....	.....	.....	.....	.....	4	1	1	2	2	3	.....	2	.....
	Int/Pós	6	6	1	3	.....	4	1	.....	1	.....	.....	1	.....	.....	1	2	.....	.....	.....	.....
	Pré/pós	2	3	...	4	.....	2	.....	.....	1	.....	.....	2	2	.....	2	4	2	.....	1	1
	Tot P/P	9 (34,6%)					3 (11,5%)						14 (53,8%)								
AS n=17	Pré/Int	1	4		2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	1	1	1	1	3	.....	1	1
	Int/Pós	4	5		2	.....	1	.....	.....	.....	1	1	2	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....
	Pré/pós	1	3	1	2	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....	2	.....	.....	.....	2	3	1	.....	1
	Tot P/P	7 (41,2%)					1 (5,9%)						9 (52,9%)								
FS n=21	Pré/Int	3	1	4	5	2	.....	.....	3	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	1	.....	.....	1	.....
	Int/Pós	3	2		3	1	.....	.....	.....	.....	1	1	1	2	1	2	.....	1	3	.....	.....
	Pré/pós	3	1		4	.....	.....	.....	1	.....	.....	1	.....	2	.....	4	1	2	2	.....	.....
	Tot P/P	8 (38,1%)					2 (9,5%)						11 (52,4%)								

Analisando a tabela 5, constata-se que mais de um terço dos alunos, de cada grupo, mantiveram as suas respostas na mesma categoria, não sofrendo nem evolução nem regressão.

Também é possível constatar que a percentagem de alunos que evolui desde o pré-teste até ao pós-teste não é muito diferente para os três grupos (53,8%, 52,9%, 52,4 %, nos grupos AT, AS e FS, respectivamente). Note-se que, pelo facto de se afirmar que determinados alunos evoluíram, isso não significa que as suas respostas passaram a incluir referências adequadas a todos os elementos definidores dos conceitos, mas apenas que os alunos passaram para uma categoria de resposta mais próxima da resposta completa. Na verdade, a evolução da categoria SR para SC não implica a referência aos elementos definidores, e as evoluções para a categoria M (mista) implicam referências aos elementos definidores mas integradas em definições globais confusas por conterem partes incompreensíveis ou incorrectas.

Verifica-se que nos grupos AT e AS existe um maior número de alunos cujas respostas sobem mais do que uma categoria, passando a pertencer às subcategorias I1 ou I2+. De facto, no grupo AT e AS, entre o pré-teste e o pós-teste, existem oito e seis alunos, respectivamente, nessas condições, enquanto no grupo FS, existem apenas três alunos.

Por outro lado, no que diz respeito às regressões, verifica-se que, entre o teste intermédio e o teste final, o grupo FS apresenta apenas dois casos de regressão, enquanto os grupos AT e AS apresentam números mais elevados (seis e três, respectivamente) de casos nestas condições. No entanto, entre o pré-teste e o teste final, é no grupo AS que os casos de regressão são menos acentuados, visto que ocorreu um único caso (5,9%) e nos grupos AT e FS ocorreram três casos (11,5%) e dois casos (9,5%), respectivamente.

A mesma tabela permite obter o número total de respostas que em cada grupo entram na categoria I. Este número é igual a nove no grupo AT, seis no grupo AS e cinco no grupo FS, o que corresponde a aumentos percentuais de 34,6%, 35,3% e 23,8%, respectivamente.

Numa apreciação global, dado que não há alterações na categoria C (completa), se for tomado como critério de evolução a percentagem de alunos cujas respostas passam a ser incluídas na categoria I, parece que os grupos AT e AS, que usaram actividades com elevado grau de abertura, terão evoluído mais do que o grupo FS, que utilizou actividades mais fechadas, pois, naqueles dois grupos é mais elevado o número de evoluções cujo resultado se traduz numa resposta que, não sendo completa, inclui referências correctas a alguns elementos definidores.

De seguida descrevem-se sinteticamente algumas movimentações de alunos entre categorias de resposta, nos diversos testes, para ilustrar o modo como evolução e regressão parciais se conjugaram para conduzir ao resultado final.

As respostas do aluno 11AGAS permitem exemplificar uma evolução entre o pré-teste e o teste intermédio seguida de regressão entre este último e o teste final. Este aluno começa por apresentar uma resposta em que, embora use o termo provar em vez de testar, refere o elemento 5 (As hipóteses precisam de ser testadas podendo, ou não, as previsões ser confirmadas) e que foi classificada na categoria M (Mista) por considerar que a hipótese é uma probabilidade ao afirmar que “hipótese é uma probabilidade, alguma coisa capaz de ser real mas que ainda não foi ou não está provada”. No teste intermédio, o aluno apresenta uma resposta na qual faz referência ao elemento 5 e também ao elemento 2 (Não são certezas; são ideias consideradas possíveis e aceites provisoriamente durante o processo de investigação) e que foi classificada na categoria I2+. Essa resposta é a seguinte: “É uma condição que é formulada para procurar se uma teoria científica é verdadeira ou para falsear esta”. No teste final o aluno volta a apresentar uma resposta classificada na categoria M em que continua a referir os mesmos elementos, mas que foi classificada na categoria M porque confunde hipótese com dado, ao afirmar que hipótese “é uma possibilidade dada a certo decorrer ou resultado de uma experiência, ou seja, é um dado não testado”.

As respostas do aluno 8AGAT permitem exemplificar um caso de evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, que se mantém sem mais evolução entre este e o teste final. Inicialmente, este aluno atribui ao conceito de hipótese o sentido corrente, afirmando que é “um entre muitos caminhos que podemos levar para atingir um objectivo”. Do pré-teste para teste intermédio, o aluno evolui, passando a apresentar uma resposta classificada na subcategoria I2+ na qual refere o elemento 2 (hipóteses não são certezas, são ideias aceites provisoriamente durante o processo de investigação) e o elemento 3 (3 A - a formulação de hipóteses é fundamentada no conhecimento já aceite pela comunidade científica), ao afirmar que uma hipótese “é uma suposição sobre algo fundada num argumento para justificar a nossa opinião e só depois de levantar uma hipótese podemos ou não levar os outros a acreditar”. Por fim, entre o teste intermédio e o teste final não evolui, continuando a referir os mesmos elementos com a seguinte resposta: “É uma suposição sobre algo sobre o qual nós temos um fundamento e só depois levantamos a hipótese”.

4.3.1.2 Identificação dos elementos referidos pelos alunos nas suas definições de hipótese

A análise qualitativa das respostas dos alunos implicou a identificação dos elementos definidores, do conceito de hipótese. O número de alunos que refere cada um desses elementos, em cada um dos três testes, figura na tabela 6, para as categorias de resposta I2, I1 e M (aquelas em

que os elementos definidores seriam esperados). Nesta tabela, para cada elemento, cada referência corresponde a um aluno, mas o mesmo aluno pode ter referido (na subcategoria I2+ e na categoria M) mais do que um elemento e outros alunos do grupo podem não ter referido nenhum elemento.

Tabela 6

Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de hipótese, em cada um dos três testes

Grupos	Cat	Pré					Inter					Pós				
		el.1	el.2	el.3	el.4	el.5	el.1	el.2	el.3	el.4	el.5	el.1	el.2	el.3	el.4	el.5
AT (n = 26)	I2	4	3			1	8	5	2	1	4	6	5	2	1	
	I1	5		1	—		3	4	1		4	2		2	4	
	M	1	3				1	1			1	2			1	
AS (n = 17)	I2	1	1				1	6	3		2	4	6		1	1
	I1	2	2	1	—		3	3		1	3	1	—	2		
	M	1	2			1	1	1		1	1	—			1	
FS (n = 21)	I2	2	3		1		3	4			3	5	1	1	2	
	I1			—		1	1		—	1	1	2		—	1	
	M		2		1	2	2	2		1	2	4				

Constata-se que, no pré-teste, o elemento 2 (el2 - Hipóteses não são certas, são ideias aceites provisoriamente durante o processo de investigação) é o mais referido nos grupos AS e FS, e o elemento 1 (el1 - Hipóteses são tentativas de formular explicações/interpretações de fenómenos ou de responder a problemas) é o mais referido no grupo AT. No teste intermédio, em todos os grupos aumenta o número de alunos que referem estes elementos, e no teste final estes são os dois elementos mais referidos em todos os grupos, apesar de em alguns casos existirem pequenos decréscimos do teste intermédio para o teste final. Assim, entre o pré-teste e o teste final, o número de alunos que referem o elemento 1 aumenta de quatro para sete (23,5% para 41, 2%) no grupo AS, e de 2 para 6 (9,5% para 28,6%) no grupo FS; o número de alunos que referem o elemento 2 aumenta de cinco para oito (29,4% para 47,1%) no grupo AS, e de cinco para onze (23,8% para 52,4%) no grupo FS. No grupo AT os aumentos no número de alunos que referem estes elementos são menos acentuados. O elemento 1, que já era referido no pré-teste por dez alunos (38,5%), passou a ser referido apenas por mais um aluno (42,3%) no teste final; o elemento 2 que era referido, no pré-teste, por seis alunos (23,1 %) passou a ser referido, no teste final, por nove alunos (34,6%).

O elemento 3 (3 - A formulação de hipóteses é um acto criativo que: 3A - pode ser fundamentado no conhecimento já aceite pela comunidade científica, 3B - pode colocar em causa o conhecimento aceite pela comunidade científica) foi pouco mencionado em todos os grupos e em

todos os testes. No grupo AT, este elemento foi referido por três alunos, no teste intermédio, e apenas por dois alunos, no teste final; no grupo AS, apesar de ter sido mencionado por três alunos, no teste intermédio, não foi mencionado no pós-teste; e no grupo FS foi mencionado uma única vez no pós-teste. Isto poderá significar que a fundamentação das hipóteses não é considerada necessária pelos alunos ou que os alunos não associam a criatividade às ciências e, por isso, não integraram o elemento 3 nos seus enunciados definidores do conceito em causa.

O elemento 4, que diz respeito à possibilidade de elaborar previsões com base nas hipóteses, também é pouco mencionado em todos os grupos e em todos os testes. No grupo FS, este elemento tinha sido mencionado, no pré-teste, por dois alunos e passou a ser mencionado, no teste final, por um único aluno. Pelo contrário, nos grupos AT e AS o elemento 4 não tinha sido mencionado no pré-teste e passou a ser referido, no teste final, por 3 alunos em ambos os grupos, o que corresponde a pequenas percentagens de alunos (11,5% no grupo AT, e 17,6% no grupo AS). Seria de esperar que estas percentagens fossem superiores à do grupo FS e que a diferença entre este último e os grupos AT e AS fosse mais acentuada, visto que nestes grupos os alunos foram solicitados a apresentar previsões no decorrer de todas as actividades realizadas.

Também o elemento 5, que diz respeito à testagem das hipóteses, foi pouco mencionado pelos alunos. Como foi referido no ponto 3.9.2, ao introduzir este elemento considerou-se que os alunos não falariam em falsificação por não terem conhecimento da perspectiva de Popper acerca do conhecimento científico. Admitiu-se que os termos verificação ou comprovação seriam usados no pré-teste, mas que, no pós-teste, o uso destes termos iria diminuir com a evolução dos alunos no decorrer das actividades e que os alunos passariam a usar o termo testagem. Embora se tenha constatado que as referências ao elemento 5 foram poucas em todos os grupos e testes, no grupo AT, que realizou actividades com grau de abertura elevado, o número de alunos que referem a testagem das hipóteses aumentou de um para cinco (3,8% para 19,2%), o que poderá estar relacionado com o facto de terem sido solicitados a discutir as suas previsões e a confrontá-las com os resultados obtidos nas actividades.

Em resumo, no que diz respeito aos elementos definidores do conceito de hipótese, verifica-se que:

- O número de alunos que referem o elemento 1 (hipóteses são tentativas de formular explicações/interpretações de fenómenos ou de responder a problemas) apresenta, no grupo FS, um aumento de cerca de 20% dos alunos; e o número de alunos que referem o elemento 2 (as hipóteses não são certas, são ideias aceites provisoriamente durante o

processo de investigação) apresenta um aumento, no grupo FS, que corresponde a cerca de 30% dos alunos.

- Os outros elementos são menos mencionados e o número de alunos que os referem não apresenta, em nenhum dos grupos, aumentos que atinjam 20% dos alunos. Sendo assim, conclui-se que uma ampla maioria dos alunos dos três grupos que não tinha explicitado, no pré-teste, que a formulação de hipóteses tem de ser fundamentada, que com base nas hipóteses deve ser possível elaborar previsões, e que as hipóteses precisam de ser testadas podendo, ou não, as previsões ser confirmadas, continuou a não explicitar estes elementos definidores de hipótese no pós-teste.

4.3.2. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de teoria

4.3.2.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre Teoria

Na tabela 7 apresentam-se os resultados da análise das respostas dos alunos sobre o conceito de teoria, obtidas através do pré-teste, do teste intermédio e do pós-teste. As categorias utilizadas na análise, já apresentadas e discutidas no capítulo anterior (quadro 3), figuram na tabela 7 de um modo ordenado, da que corresponde à categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (sem resposta aceitável).

Tabela 7

Desempenho dos alunos na definição do conceito de teoria, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste

(N=64)

Categorias de resposta	Grupo AT (n=26)						Grupo AS (n=17)						Grupo FS (n=21)					
	Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós	
	f	%	f	%	f	%	F	%	F	%	F	%	f	%	f	%	f	%
Completa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Incompleta I2+	1	3,8	11	42,3	6	23,1	1	5,9	5	29,4	6	35,3	1	4,8	6	28,6	4	19,0
Incompleta I1	4	15,4	11	42,3	13	50,0	4	23,5	5	29,4	4	23,5	5	23,8	1	4,8	5	23,8
Mista	9	34,6	4	15,4	7	26,9	4	23,5	5	29,4	6	35,3	6	28,6	8	38,1	10	47,6
Sentido corrente	6	23,1	0	0,0	0	0,0	7	41,2	2	11,8	1	5,9	5	23,8	4	19,0	1	4,8
Sem resposta aceitável	6	23,1	0	0,0	0	0,0	1	5,9	0	0,0	0	0,0	4	19,0	2	9,5	1	4,8

Comparando as respostas dadas, no pré-teste, pelos alunos dos três grupos, não se pode afirmar que os grupos estivessem nas mesmas condições iniciais. De facto, ao contrário do que se verificou para o conceito de hipótese em que o grupo FS apresentava a maior percentagem de respostas na categoria SR (sem resposta aceitável), a percentagem de respostas nesta categoria é agora maior no grupo AT (23,1%) do que no grupo FS (19,0 %) e neste é maior do que no grupo AS (5,9 %). Além disso, a percentagem de respostas que, no início, se situam na categoria I (I1 e I2+) é ligeiramente menor no grupo AT (19,2 %) do que no grupo AS (29,4%), sendo este grupo o que tem um valor próximo daquele que é apresentado pelo grupo FS (28,6 %). Estas percentagens parecem apontar para uma situação inicial de inferioridade do grupo AT.

Através da mesma tabela é possível constatar que o número de respostas que se situa na categoria SC (sentido corrente) e na categoria SR (sem resposta aceitável) diminui entre o pré-teste e o teste final, em todos os grupos. Quanto ao número de respostas que se situam na categoria I, verifica-se que aumentou, entre o pré-teste e o teste final, em todos ou grupos. Estes resultados são indicadores de que ocorreu uma evolução dos grupos.

Dadas as diferenças iniciais que se verificaram entre os grupos, e tendo em conta que no teste intermédio ocorreram evoluções que foram seguidas de regressão, para proceder à análise comparativa da evolução dos alunos ao longo dos três testes será usado o mesmo modo de proceder que foi usado para o conceito de hipótese. Na tabela 8 apresenta-se a evolução dos alunos dos três grupos, do pré-teste para o teste intermédio, deste para o teste final e do pré-teste para o teste final.

Tabela 8
Evolução dos alunos na definição do conceito de teoria (f)

(N=64)

Categorias		Mantêm					Regridem				Evoluem									
							1 cat		2 cat	1 Cat				2 cat			3 Cat		4 cat	
Grupo	Testes	I2	I1	M	SC	SR	I2/I1	M/SC	I1/M	I2/M	I1/I2	M/I1	SR/SC	SC/M	SC/I1	M/I2	SR/M	SC/I2	SR/I1	SR/I2
AT (n=26)	Pré/int	1	---	2	---	---	---	---	1	---	3	2	---	1	3	5	---	2	6	---
	Int/Pós	4	7	3	---	---	5	---	2	2	2	1	---	---	---	---	---	---	---	---
	Pré/Pós	1	3	4	---	---	---	---	---	---	1	3	---	3	2	2	---	1	5	1
	Total P/P	8 (30,8%)					0,0 %				18 (69,2 %)									
AS (n=17)	Pré/int	1	3	3	1	---	---	---	---	---	1	1	1	2	1	---	---	3	---	---
	Int/Pós	3	3	5	1	---	1	---	---	1	2	---	---	---	---	---	---	1	---	---
	Pré/Pós	1	1	3	1	---	---	---	---	---	3	1	---	3	2	---	---	1	---	1
	Total P/P	6 (35,3%)					0,0 %				11 (64,7%)									
FS (n=21)	Pré/int	1	1	4	3	2	---	---	1	---	3	---	1	2	---	2	1	---	---	---
	Int/Pós	3	---	4	---	1	1	1	---	2	1	3	---	3	1	---	1	---	---	---
	Pré/Pós	---	---	4	1	1	1	---	1	---	4	2	---	3	1	---	2	---	1	---
	Total P/P	6 (28,6%)					2 (9,5%)				13 (61,9%)									

Para análise da evolução dos alunos entre cada par de testes consideram-se as mesmas três principais categorias de análise que foram consideradas para o conceito de hipótese: mantêm, regridem e evoluem. Constatam-se que uma parte considerável dos alunos de cada grupo (30,8%, 35,3% e 28,6 % nos grupos AT, AS e FS, respectivamente) não sofreu nem evolução nem regressão, mantendo as suas respostas na mesma categoria.

É possível constatar também que embora a percentagem de alunos que evoluem seja próxima, é mais elevada no grupo AT (69,2%), seguindo-se o grupo AS (64,7%) e, por fim, o grupo FS, este com o valor mais baixo (61,9%). Tal como para o conceito de hipótese, quando se afirma que os alunos evoluíram, isso não significa que passaram a apresentar uma resposta na categoria mais desejável mas apenas que a sua resposta se aproximou dessa categoria. Nem todos os alunos que evoluíram passaram a apresentar uma resposta na categoria I (I1 ou I2+) e as evoluções não são igualmente acentuadas, existindo casos em que as respostas subiram mais do que uma categoria. Se, por exemplo, forem consideradas as respostas que passam a pertencer à categoria I (I1 ou I2+), na mesma tabela pode verificar-se que, entre o pré-teste e o teste final, nos grupos AT e AS existem sete e dois alunos, respectivamente, cujas respostas sobem três ou quatro categorias, entrando para as subcategorias I1 ou I2+, enquanto no grupo FS apenas um aluno revelou uma evolução igualmente acentuada.

Por outro lado, constata-se que em todos os grupos existiram regressões e que estas ocorreram em maior número no grupo AT. No entanto, apesar de o grupo AT apresentar, entre o teste intermédio e o teste final, maior número de regressões (da subcategoria I2+ para a subcategoria I1 e destas para a categoria M), neste grupo não se regista a existência de regressões entre o pré-teste e o teste final. Algo de idêntico se verifica no grupo AS em que também não existem regressões entre o pré-teste e o teste final. Pelo contrário, no grupo FS, entre o pré-teste e o teste final, ocorreu um caso de regressão em que a resposta deixou de pertencer à categoria I.

Como se pode constatar na tabela 8, o número de alunos cujas respostas, entre o pré-teste e o pós-teste, entram para a categoria I é igual a catorze no grupo AT, cinco no grupo AS e três no grupo FS, o que corresponde a aumentos percentuais de 53,8%, 29,4% e 14,3%, respectivamente. A estes factos acresce que, no grupo FS, entre as respostas que entram para a categoria I não existe nenhuma na subcategoria I2+, o que acentua a diferença entre os grupos.

Numa apreciação global, dado que não existem alterações na categoria C (completa), se for tomado como critério de evolução a percentagem de alunos cujas respostas passam a ser incluídas na categoria I, parece legítimo dizer-se que os grupos AT e AS, que usaram actividades com elevado

grau de abertura, evoluíram mais do que o grupo FS que utilizou actividades mais fechadas, visto que naqueles dois grupos é mais elevado o número de evoluções cujo resultado se traduz, no pós-teste, em respostas que incluem referências aos elementos definidores do conceito

De seguida, para ilustrar o modo como evolução e regressão parciais se conjugaram para conduzir ao resultado final, descrevem-se, sinteticamente, algumas movimentações de alunos entre categorias de resposta, nos três testes.

As respostas da aluna 2AGFS correspondem a um caso de evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, seguido de regressão entre este último e o teste final. No pré-teste, a aluna apresenta uma resposta na qual refere o elemento 5 (5C- As teorias contribuem para orientar a actividade experimental) e que foi classificada na categoria M (mista) porque a aluna afirma que a teoria não deve ser questionada: “É algo que foi estudado e que se verifica na natureza, o que faz com que não deva ser questionado. Nós aprendemos e temos de saber a teoria para passarmos à prática. Por exemplo sabemos que se a água é pura entra em ebulição aos 100° C”. No teste intermédio, a aluna responde, referindo o elemento 5 (5C- As teorias contribuem para orientar a actividade experimental) e o elemento 3 (3B- testagem através da actividade empírica) visto que afirma: “É a base do nosso estudo, a base para percebermos as evidências. É algo que foi estudado, algo que durante muitos anos foi posto à prova pelas experiências e que depois de muito tempo é passado para leis, teses que são utilizadas nas experiências”. No teste final, a aluna apresenta uma resposta em que refere o elemento 5 (5B – As teorias contribuem para fundamentar argumentos que conduzem a novas hipóteses) e que foi classificada na categoria M por confundir teorias com dados ao afirmar que as teorias “são dados provados em que nos baseamos para justificar uma hipótese”.

A aluna 17AGFS é exemplo de um caso sem evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, a que se segue uma regressão entre este último e o teste final. De facto, esta aluna refere, no pré-teste, os elementos 4 (Depois de validadas são aceites pela comunidade científica em determinado momento histórico e estão sujeitas à revisão visto não serem verdades absolutas) e 5 (5 A - As teorias explicar/interpretar/justificar fenómenos e resolver problemas), apresentando uma resposta classificada na subcategoria I2, na qual afirma que uma teoria científica “é dada pela ciência que através de inúmeros instrumentos nos dá respostas a perguntas que não sabemos (por ex: como se formou o planeta Terra) mas que não existem certezas absolutas”. A aluna continua, no teste intermédio, a fazer as mesmas referências, dizendo que é “algo científico que apenas nos dá suposições sobre questões postas pelo homem, pois é impossível dar-nos certezas absolutas”. No

teste final, passa a referir apenas o elemento 5, apresentando uma resposta classificada na categoria I1, em que diz que uma teoria “é algo que explica porque acontecem determinadas coisas em certas experiências”.

4.3.2.2. Identificação dos elementos referidos pelos alunos nas suas definições de teoria

A análise qualitativa das respostas dos alunos implicou a identificação dos elementos definidores do conceito de teoria, explicitados no ponto 3.9.2, que foram referidos em cada resposta relativa ao conceito de hipótese. Esta identificação foi feita nas respostas classificadas como pertencentes às categorias I2+, I1 e M (aquelas em que os elementos definidores seriam esperados). Na tabela 9 figura o número de alunos que refere cada um dos elementos, em cada um dos três testes. Tal como no conceito de hipótese, para cada elemento cada uma das referências é apresentada por um aluno, mas o mesmo aluno pode ter referido (na subcategoria I2+ e na categoria M) mais do que um elemento e outros alunos podem não ter referido nenhum elemento.

Tabela 9

Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de teoria nos três testes

Grupos	Cat	Pré					Inter					Pós				
		el.1	El.2	el.3	el.4	el 5	El.1	el.2	el.3	El.4	el 5	el.1	el.2	el.3	el.4	el 5
AT n = 26	I2		1	1				8	3	4	7	2	3	3	2	3
	I1		1		—	3	1	5	2		3		10	1		2
	M	2	3	3		4		2	2	1		1	2	1		3
AS n = 17	I2			1		1	1	2	1	4	2	1	2	3	2	4
	I1		1		—	3		2		1	2		2		2	
	M	1	1			3	2	2	2		2	1	1	1	1	4
FS n = 21	I2				1	1	1	1	6	3	1	1		3	3	
	I1	1	1			3		1		1	1		2		2	
	M		2	1		3	2	1	2	1	3	1	3	1	4	

Na tabela 9, constata-se que o elemento 2, que diz respeito à validação das teorias, foi o segundo mais referido no pré-teste, em qualquer um dos grupos. Entre o pré-teste e o teste final, o número de alunos que refere este elemento aumenta no grupo AT, passando de cinco para 15 (19,2 % para 57,7 %), aumenta no grupo AS, passando de dois para cinco (11,8 % para 29,4 %), mas não aumenta no grupo FS apresentando mesmo um ligeiro decréscimo. Sendo assim, parece que se poder concluir que apenas no grupo AT uma maioria considerável dos alunos (57,7%) mostra saber, no pós-teste, que as teorias aceites foram submetidas a um processo de validação.

Na mesma tabela também é possível constatar que o elemento mais referido no pré-teste, em qualquer um dos três grupos, é o elemento 5, que diz respeito às funções da teoria no processo de construção do conhecimento (As teorias contribuem para: 5A - explicar/interpretar/justificar fenómenos e resolver problemas, 5B - fundamentar argumentos que conduzem a novas hipóteses, 5C - orientar a actividade experimental). O número de alunos que refere este elemento aumentou no grupo AS, de sete para dez (41,2 % para 58,9 %), no grupo FS, de sete para nove (33,3 % para 42,8 %), e no grupo AT, de sete para oito (26,9 % para 30,8%). O grupo AS apresenta, portanto, um aumento mais acentuado. Entre os alunos que referem o elemento 5, existe um em cada grupo que fez referência a 5C, todos os outros referem apenas 5 A. Assim, na sua maioria, os alunos dos três grupos não reconhecem que as teorias contribuem para fundamentar os argumentos que conduzem a novas conclusões, nem para orientar a actividade experimental.

Na generalidade pode dizer-se que o elemento 1 (uma teoria é um corpo estruturado de conhecimento adquirido pela comunidade científica relativamente a um dado tema), o elemento 3 (no processo de validação deve ter-se em conta: 3A - a argumentação levada a cabo na comunidade científica para fundamentar a teoria, 3B - a testagem através da actividade empírica), e o elemento 4 (depois de validadas são aceites pela comunidade científica em determinado momento histórico e estão sujeitas à revisão visto não serem verdades absoluta) são pouco referidos, no pré-teste, em qualquer um dos grupos. Existe alguma evolução relativamente a estes elementos, visto que o número de alunos que os referiram aumentou entre o pré-teste e o teste final. O maior destes aumentos verificou-se no grupo FS e corresponde ao elemento 1 que foi referido, no pré-teste, por um aluno (4,8%) e passou a ser referido, no pós-teste, por cinco alunos (23,8%).

Em resumo, relativamente ao conceito de teoria verifica-se que:

- Apenas o elemento 2 (as teorias devem ter sido submetidas a um processo de validação) e apenas no grupo AT, é referido por um número de alunos que aumenta consideravelmente (mais de 30%) passando, no pós-teste, a ser referido pela maioria dos alunos do grupo.
- Todos os outros elementos, em todos os grupos, são referidos por um número de alunos que apresenta aumentos inferiores a 20%. Entre estes, os aumentos maiores ocorreram no grupo AS, no qual o número de alunos que referiu os elementos 2 e 5 aumentou cerca de 18%, e no grupo FS em que a percentagem de que referiu o elemento 1 aumentou cerca de 19%.

4.3.3. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de evidência

4.3.3.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de evidência

Na tabela 10, apresentam-se os resultados da análise das respostas dos alunos sobre o conceito de evidência, obtidas através do pré-teste, do teste intermédio e do pós-teste. As categorias utilizadas na análise são as mesmas que foram anteriormente consideradas para os conceitos de hipótese e teoria, e figuram na tabela de um modo ordenado, começando na que corresponde á categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (errada ou sem resposta).

Analisando esta tabela é possível constatar que, tal como nos conceitos de hipótese e teoria, não existem respostas na categoria C (completa), e que também não existem respostas na categoria I (I1 e I2+), com excepção do grupo FS em que há uma resposta, no teste intermédio, na subcategoria I2+.

Tabela 10

Desempenho dos alunos na definição do conceito de evidência, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste

(N=64)

Categorias de resposta	Grupo AT (n=26)						Grupo AS (n=17)						Grupo FS (n=21)							
	Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós			
	F	%	f	%	f	%	F	%	f	%	f	%	F	%	f	%	F	%		
Completa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Incompleta I2+	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	4,8	0	0,0	0	0,0
Incompleta I1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Mista	1	3,8	7	26,9	15	57,7	1	5,9	5	29,4	9	52,9	4	19,0	6	28,6	13	61,9	13	61,9
Sentido corrente	12	46,2	14	53,8	8	30,8	8	47,1	9	52,9	7	41,2	12	57,1	13	61,9	8	38,1	8	38,1
Sem resposta aceitável	13	50,0	5	19,2	3	11,5	8	47,1	3	17,6	1	5,9	5	23,8	1	4,8	0	0,0	0	0,0

Constata-se, também, que, na situação inicial, a percentagem de respostas na categoria SR (sem resposta aceitável) tem o valor mais elevado no grupo AT (50,0 %), um valor intermédio no grupo AS (47,1 %) e o valor mais baixo no grupo FS (23,8%). Por outro lado, na situação inicial, no que toca às respostas com referência aos elementos definidores (categoria M), é o grupo FS que apresenta a maior percentagem (19,0%), no grupo AS a percentagem é bastante menor (5,9 %) e

próxima da do grupo AT (3,8 %). Estes valores iniciais parecem indicar que o grupo AT e AS se encontram em situação de inferioridade relativamente ao grupo FS.

O número de respostas que se situam nas categorias SR (sem resposta aceitável) e SC (sentido corrente) diminuem entre o pré-teste e o teste final, em todos os grupos (tabela 10). Quanto ao número de respostas que se situam na categoria M (mista), entre o pré-teste e o teste final, aumentou em todos os grupos. Estes factos constituem um indicador de que, apesar de não terem sido alcançadas respostas nas categorias C e I, os grupos evoluíram um pouco.

Dadas as diferenças iniciais que se verificaram entre os grupos, e tendo em conta o facto de existirem evoluções que foram seguidas de regressão, para proceder à análise comparativa da evolução dos alunos, de cada um dos grupos, ao longo dos três testes, será usado um modo de proceder idêntico ao que foi usado para os conceitos de hipótese e teoria. Assim, na tabela 11, apresenta-se a evolução de todos os alunos dos três grupos, do pré-teste para o teste intermédio, deste teste para o teste final, e do pré-teste para o teste final. Para análise da evolução dos alunos, entre cada par de testes, consideram-se as mesmas três categorias de análise que foram consideradas para os outros conceitos: mantêm, regridem e evoluem.

A tabela 11 permite obter o número total de alunos que, desde o pré-teste até ao teste final, permanecem dentro de cada categoria, os que regridem e os que evoluem. Constata-se, ainda, que cerca de uma terça parte dos alunos nos grupos AT e AS, e cerca de metade dos alunos no grupo FS se mantêm na mesma categoria, sem evoluir nem regredir.

Tabela 11

Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de evidência (f)

(N=64)

Categorias		Mantém					Regridem				Evoluem							
							1cat		2cat	1 cat				2 cat		3 cat		
Grupos	Testes	I2	I1	M	SC	SR	M/SC	SC/ SR	I1/M	I2/M	I1/I2	M/I1	SR/SC	SC/M	SC/I	M/I2	SR/M	SC/I2
AT (n=26)	Pré/INE	----	----	1	6	3	-----	2	-----	-----	-----	-----	8	4	-----	-----	2	-----
	Int/Pós	----	----	6	7	3	1	-----	-----	-----	-----	-----	7	-----	-----	-----	2	-----
	Pré/Pós	----	----	1	5	2	-----	1	-----	-----	-----	-----	3	6	-----	-----	8	-----
	Tot P/P	8 (30,8 %)					1 (3,8 %)				17 (65,4%)							
AS (n=17)	Pré/INE	----	----	1	5	3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4	3	-----	-----	1	-----
	Int/Pós	----	----	5	6	1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1	3	-----	-----	1	-----
	Pré/Pós	----	----	1	4	1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3	4	-----	-----	4	-----
	Tot P/P	6 (35,3 %)					0 (0,0%)				11 (64,7%)							
FS (n=21)	Pré/INE	----	----	4	10	1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3	1	-----	-----	1	1
	Int/Pós	----	----	6	8	---	-----	-----	-----	1	-----	-----	5	-----	-----	-----	1	-----
	Pré/Pós	----	----	4	7	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1	5	-----	-----	4	-----
	Tot P/P	11 (52,4%)					0 (0,0 %)				10 (47,6%)							

Na mesma tabela, verifica-se que, a única resposta, no grupo FS, classificada na subcategoria I2+ foi devida a uma evolução, entre o pré-teste e o teste intermédio, seguida de uma regressão para a categoria M, entre o teste intermédio e o teste final. É possível, também, constatar que, entre o pré-teste e o teste final, as percentagens de alunos que evoluem nos grupos AT e AS são próximas (65,4 % no grupo AT e 64,7% no grupo AS) e superiores à do grupo FS (47,6 %). Nenhuma destas evoluções conduziu a respostas nas categorias C ou I (I1 e I2+), apesar de existirem casos em que as respostas subiram mais do que uma categoria. As evoluções mais acentuadas, em que as respostas sobem duas categorias, entre o pré-teste e o pós-teste, conduzem a respostas na categoria M e são em maior número no grupo AT. Assim, embora as respostas na categoria M apresentem partes confusas ou incorrectas, são as únicas que apresentam referências aos elementos definidores do conceito de evidência.

Na tabela 11, pode obter-se o número de alunos cujas respostas, entre o pré-teste e o teste final, entram para a categoria M, que no grupo AT é igual a 14 (53,8 %), no grupo AS é igual a oito (47,1 %), e no grupo FS nove (42,8 %).

Assim, numa apreciação global, se for tomado como critério de evolução a percentagem de alunos cujas respostas passam a pertencer à categoria M, os resultados apontam no sentido de que os grupos AT e AS, que realizaram actividades com grau de abertura elevado, terão evoluído mais do que o grupo FS que realizou actividades mais fechadas. O grupo AT foi o que mais evoluiu, seguindo-se o grupo AS e, por fim, o grupo FS.

De seguida, descrevem-se as movimentações de alguns alunos entre diferentes categorias de resposta para ilustrar como evolução e regressão parciais se conjugaram para conduzir ao resultado final.

As respostas da aluna 2AGFS permitem exemplificar um caso de evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, seguida de regressão no teste final. De facto, no pré-teste, esta aluna afirma que a evidência é “algo que nós podemos olhar e saber logo do que se trata” pelo que a sua resposta foi classificada na categoria SC. No teste intermédio, a aluna apresenta uma resposta classificada na subcategoria I2+, por referir o elemento 1 (as evidências podem ter carácter empírico quando se apoiam em dados da observação sistematizada da natureza ou da actividade experimental) e o elemento 2 (as evidências podem ter carácter teórico quando se apoiam em factos e teorias já aceites em ciências), ao afirmar que “evidências são dados, mas nem todos os dados são evidências, tem que ter uma base científica que informe se está cientificamente correcta, por ex:

o facto de sentirmos um material mais frio do que outro não quer dizer que as temperaturas sejam diferentes”. No teste final, esta aluna regressou apresentando uma resposta, classificada na categoria M, em que, de forma algo confusa, alude à evidência empírica, mas classifica-a como algo que está comprovado, ao afirmar que evidência é “algo que está comprovado, pode ser uma observação comprovada com instrumentos de medida”.

As respostas da aluna 1AGAT constituem exemplo de evolução entre o pré-teste e o teste intermédio seguido de regressão entre este e o teste final. No pré-teste, a aluna refere o sentido corrente de evidência apresentando a resposta: “É um facto comprovado que não se questiona”. No teste intermédio, a resposta da aluna foi classificada na categoria M porque refere a evidência empírica (elemento 1) mas atribui-lhe um carácter de verdade absoluta, pois considera que a evidência não pode ser posta em causa e está provada com instrumentos ao afirmar: “É algo que acontece e que não pode ser posto em causa. Em ciência as evidências são provadas com instrumentos científicos que nos ajudam a perceber os acontecimentos.” No teste final, volta a apresentar o sentido corrente de evidência na resposta: “É algo que acontece e ao qual não temos dúvida”

4.3.3.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de evidência

A análise qualitativa das respostas dos alunos implicou a identificação dos elementos definidores, explicitados no ponto 3.9.2, que foram referidos em cada resposta dos alunos relativa ao conceito de evidência. Na tabela 12, apresenta-se o número de alunos que fazem referência a cada um desses elementos, na categoria de resposta M.

Tabela 12

Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de evidência em cada um dos testes

Grupos	Cat	Pré				Inter				Pós			
		el.1	el.2	el.3	el.4	el.1	el.2	el.3	el.4	El.1	el.2	el.3	el.4
AT (n = 26)	I 2												
	I 1	---	---		---				---				---
	M			1		7	2	1		13	1	2	
AS (n = 17)	I 2												
	I 1	---	---	---					---				
	M				1	1		1	4	7	2		2
FS (n = 21)	I 2					1	1						
	I 1			---									
	M	1	1		2	2	4		3	4	3	3	4

Constata-se que o elemento 1 (as evidências podem ter carácter empírico quando se apoiam em dados da observação sistematizada da natureza ou da actividade experimental) é aquele que apresenta nos grupos AT e AS, entre o pré-teste e o pós-teste, os maiores acréscimos no número de alunos que o referem. De facto, nestes grupos, o número de alunos que refere o elemento 1 aumenta consideravelmente entre o pré-teste e o teste final, passando de zero para 13 (50,0%), no grupo AT, e de zero para sete (41,2 %), no grupo AS. No grupo FS, o número de alunos que refere o elemento 1 aumenta de um modo menos acentuado, passando de um aluno para quatro alunos (4,8% para 19,0 %).

O elemento 2 (as evidências podem ter carácter teórico quando se apoiam em factos e teorias já aceites em ciências) e o elemento 3 (o carácter universal da evidência não pode ser confundido com certeza absoluta) são pouco referidos em todos os grupos. O elemento 4 (as evidências intervêm na fundamentação das conclusões) não é referido no grupo AT, em nenhum dos testes, e é pouco referido nos grupos AS e FS. No grupo FS, o número de alunos que refere os elementos 2, 3 e 4 apresenta, no pós-teste, pequenos aumentos que não correspondem a mais de 15% dos alunos.

Em resumo, para o conceito de evidência verificou-se que:

- O elemento 1, respeitante à evidência empírica, é referido por um número de alunos que aumentou 50,0% no grupo AT e 41,2 % no grupo AS, e que, no grupo FS, aumentou apenas cerca de 14%.
- Os outros elementos são pouco referidos em todos os grupos no teste final. Assim, a grande maioria dos alunos não refere que a evidência pode ter um carácter teórico (elemento 2), não distingue o carácter universal da evidência da ideia de verdade absoluta (elemento 3) e não refere que as evidências contribuem para a fundamentação das conclusões.

O facto de ser pouco referido que a evidência pode ter um carácter teórico, bem como o facto de o carácter universal da evidência não ter sido demarcado da ideia de verdade absoluta, não causa surpresa. De facto, tendo em conta que os estudantes sobrevalorizam a evidência empírica (Hodson, 1998), e que têm sido identificados, nos alunos, pontos de vista segundo os quais a evidência empírica é vista como um ideal de verdade e que admitem que a prova científica é uma revelação da natureza (Albe, 2007), seria de esperar que os estudantes considerassem que apenas a evidência empírica permite decidir sobre a validade das hipóteses. Estas mesmas razões, também podem estar associadas à constatação que foi feita a propósito do papel das teorias na

fundamentação das conclusões que, como anteriormente se referiu, não foi reconhecido pela maioria dos alunos dos três grupos.

4.3.4. Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de argumento

4.3.4.1. Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de argumento

Na tabela 13, apresentam-se os resultados da análise das respostas dos alunos sobre o conceito de argumento, dadas pelos alunos no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste. As categorias utilizadas na análise são as mesmas que foram consideradas nos conceitos anteriormente abordados, e figuram na tabela 11 de um modo ordenado, da que corresponde à categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (sem resposta aceitável).

Tabela 13

Desempenho dos alunos na definição do conceito de argumento, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste

(N=64)

Categorias de resposta	Grupo AT (n=26)						Grupo AS (n=17)						Grupo FS (n=21)							
	Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós			
	f	%	f	%	f	%	F	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%		
Completa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Incompleta I2+	0	0,0	4	15,4	2	7,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	4,8
Incompleta I1	1	3,8	0	0,0	1	3,8	2	11,8	3	17,6	3	17,6	3	14,3	3	14,3	1	4,8	1	4,8
Mista	6	23,1	19	73,1	21	80,8	5	29,4	10	58,8	10	58,8	5	23,8	8	38,1	9	42,8	9	42,8
Sentido corrente	14	53,8	3	11,5	2	7,7	9	52,9	3	17,6	3	17,6	8	38,1	7	33,3	5	23,8	5	23,8
Sem resposta aceitável	5	19,2	0	0,0	0	0,0	1	5,9	1	5,9	1	5,9	5	23,8	3	14,3	5	23,8	5	23,8

Verifica-se que, em nenhum dos grupos, foram apresentadas respostas completas (tabela 13). Comparando o número de respostas dadas, no pré-teste, pelos alunos dos três grupos não se pode considerar que os grupos estivessem nas mesmas condições iniciais. De facto, constata-se que a percentagem de respostas na categoria SR é mais elevada no grupo FS (23,8%), seguindo-se o grupo AT (19,2%) e o grupo AS (5,9%), este com o menor valor. Por outro lado, no pré-teste, não existem respostas na subcategoria I2+, em nenhum dos grupos, e as percentagens de respostas na subcategoria I1 são próximas nos grupos FS (14,3%) e AS (11,8%) e superiores à do grupo AT (3,8%). Assim, apesar deste grupo não ser o que apresenta maior percentagem de respostas na

categoria SR, parece que, no seu conjunto, os valores referidos apontam para uma situação inicial de inferioridade do grupo AT, tal como aconteceu para o conceito de teoria e evidência.

Analisando a tabela 13, constata-se, também, que, entre o pré-teste e o teste final, o número de respostas que se situam na categoria SR diminui no grupo AT, mantendo-se nos outros grupos, e que o número de respostas na categoria SC diminui em todos os grupos. Quanto ao número de respostas que se situam na categoria I (I1 + I2+) constata-se que aumenta, entre o pré-teste e o teste intermédio, no grupo AT e no grupo AS. Estes factos indicam que, apesar de não terem sido alcançadas respostas completas, os grupos AT e AS evoluíram. Quanto ao grupo FS, verifica-se que, no teste final, existe menos um aluno do que no pré-teste cuja resposta se situa na categoria I (I1 + I2+).

Dadas as diferenças iniciais que se verificaram entre os grupos, e tendo em conta o facto de existirem evoluções que foram seguidas de regressão, para proceder à análise comparativa da evolução dos grupos vai ser usado um modo de proceder, idêntico ao que foi usado para os outros conceitos. Na tabela 14, apresenta-se a evolução de todos os alunos dos três grupos, do pré-teste para o teste intermédio, deste para o teste final e do pré-teste para o teste final. Para a análise da evolução dos alunos entre cada par de testes, à semelhança do que foi feito para os outros conceitos, consideram-se categorias de análise: mantêm, regridem e evoluem.

Tabela 14

Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de argumento (f)

(N=64)

categorias		Mantêm					Regridem					Evoluem								
							1 cat			2 Cat		1 Cat			2 Cat			3 Cat		
Grupo	testes	I2	I1	M	SC	SR	M/SC	SC/SR	I1/M	I2/M	M/SR	I1/I2	M/I1	SR/SC	SC/M	SC/I1	M/I2	SR/M	SC/I2	
AT (n=26)	Pré/Int	---	---	5	2	---	-----	-----	-----	-----	-----	1	-----	1	10	-----	1	4	2	
	Int/Pós	2	---	16	---	---	2	-----	-----	2	-----	-----	1	-----	3	-----	-----	-----	-----	
	Pré/Pós	---	---	6	1	---	-----	-----	1	-----	-----	-----	-----	1	10	1	-----	4	2	
	Tot P/P	7 (26,9%)					1 (3,8%)					18 (69,2%)								
AS (n=17)	Pré/Int	---	1	5	3	---	-----	1	1	-----	-----	-----	-----	-----	3	2	-----	1	-----	
	Int/Pós	---	2	8	2	1	1	-----	1	-----	-----	-----	1	-----	1	-----	-----	-----	-----	
	Pré/Pós	---	1	5	3	---	-----	1	1	-----	-----	-----	-----	-----	3	2	-----	1	-----	
	Tot P/P	9 (52,9%)					2 (11,8%)					6 (35,3%)								
FS (n=21)	Pré/Int	---	3	5	5	3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	2	3	-----	-----	-----	-----	
	Int/Pós	---	1	5	2	2	2	2	1	-----	1	1	-----	1	3	-----	-----	-----	-----	
	Pré/Pós	---	1	3	2	3	1	1	1	-----	1	1	-----	2	5	-----	-----	-----	-----	
	Tot P/P	9 (42,9%)					4 (19,0%)					8 (38,1%)								

Constata-se, na tabela, que em todos os grupos uma fracção dos alunos mantém as suas respostas na mesma categoria, sem sofrer evolução nem regressão. Esta fracção corresponde a mais de metade dos alunos do grupo AS, mais de um terço dos alunos do grupo FS e cerca de um quarto dos alunos do grupo AT.

É possível constatar, também, que a percentagem de alunos que evolui é bastante próxima para os grupos AS e FS (35,3% e 38,1%, respectivamente), e bastante mais elevada no grupo AT (69,2%). Além disso, verifica-se que nenhum dos alunos passou a apresentar respostas na categoria C, nem todos os que evoluíram passaram a apresentar uma resposta na categoria I, e as evoluções não são igualmente acentuadas, existindo casos em que as respostas subiram mais do que uma categoria. No que diz respeito às evoluções que conduziram a respostas na categoria I, constata-se que, nos grupos AT e AS, existem três e dois alunos, respectivamente, cujas respostas sobem mais do que uma categoria, entre o pré-teste e o pós-teste, entrando para a categoria I. Pelo contrário, no grupo FS não existe nenhum aluno nestas condições.

Por outro lado, em todos os grupos existem regressões, entre o teste intermédio e o pós-teste, que são em maior número no grupo FS. Entre o pré-teste e o pós-teste, em todos os grupos, existe um caso de regressão da subcategoria I1 para a categoria M, mas apenas no grupo FS o número de alunos na categoria I passou a ser inferior ao do pré-teste. De facto, nos grupos AT e AS, outros alunos entraram para a categoria I e no grupo FS isso não aconteceu.

A tabela 14 permite obter o número de alunos cujas respostas, entre o pré-teste e o teste final, entram na categoria I. Este número é igual a dois no grupo AT (7,7%) e igual a um no grupo AS (5,9%), mas no grupo FS, devido à referida regressão no teste final, o número de alunos com respostas na categoria I passou a ser inferior ao do pré-teste.

Numa apreciação global, tendo em conta que não existem evoluções que tenham conduzido a respostas classificadas na categoria C, se for tomado como critério de evolução a percentagem de alunos cujas respostas passam a ser incluídas na categoria I, pode dizer-se que, relativamente ao conceito de argumento, existiu evolução dos grupos AT e AS. Pelo contrário, no grupo FS registou-se diminuição do número de respostas na categoria I, o que parece indicar retrocesso deste grupo.

De seguida, descrevem-se as movimentações de alguns alunos entre diferentes categorias de resposta para ilustrar como evolução e regressão parciais se conjugaram para conduzir ao resultado final.

A aluna 12AGAT constitui exemplo de um caso de evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, seguida de regressão no teste final. Esta aluna apresentou no pré-teste uma resposta,

classificada na subcategoria I1, na qual refere o elemento 2 (defesa/justificação/ explicação ou contestação, fundamentada, de uma ideia que pode ser uma conclusão ou mera hipótese) e que foi a seguinte: “O argumento justifica as nossas afirmações e suporta as nossas teses, pode ser válido ou inválido. Os argumentos servem para explicar o porquê das nossas ideias, conclusões”. No teste intermédio, a aluna acrescenta uma referência à estrutura do argumento (elemento 1), apresentando uma resposta classificada na subcategoria I2+, em que afirma: “O argumento é o que utilizamos para justificar e explicar [...] consiste na conclusão, na evidência e no fundamento, ou seja, através das evidências tentamos fundamentá-las e por fim chegamos a uma conclusão, estes três passos são o argumento”. No teste final, a mesma aluna regride, passando a apresentar uma resposta em que continua a referir os mesmos elementos, mas que foi classificada na categoria M visto afirmar que argumento “é uma fase do método científico que consiste em três parâmetros, a evidência, a conclusão e o fundamento. O argumento tem de ser sustentado [...] pelo fundamento que utilizamos para sustentar e suportar as nossas ideias”.

Um exemplo de respostas com evolução, entre o pré-teste e o teste intermédio que se mantém no teste final, são as respostas da aluna 14AGAT14. No pré-teste, esta aluna apresenta o sentido corrente de argumento ao dizer que “um argumento é uma forma de defendermos algo, apresentando sempre razões para aquilo fazemos”. No teste intermédio, a aluna passa a referir os elementos 1 e 2 ao afirmar que um argumento é “um conjunto de razões que justificam as nossas teses, os argumentos são constituídos por uma evidência, uma conclusão e um fundamento”. A mesma aluna, no teste final, apresenta uma resposta na qual continua a referir os mesmos elementos que referiu no teste intermédio, afirmando que um argumento “envolve a conclusão, o fundamento e a evidência, é um conjunto de ideias que fundamentam determinada ideia”.

4.3.4.2. Identificação dos elementos definidores referidos pelos alunos nas suas definições de argumento

A análise qualitativa das respostas dos alunos implicou a identificação dos elementos definidores, explicitados no ponto 3.9.2, que foram referidos em cada resposta dos alunos relativamente ao conceito de argumento. O número de alunos que fazem referência a cada um desses elementos, nas categorias de resposta I2, I1 e M, em cada um dos três testes, figuram na tabela 15.

Tabela 15

Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de argumento em cada um dos testes

Grupos	Cat	Pré			Inter			Pós		
		El1	el.2	el.3	el.1	el.2	El.3	el.1	el.2	el.3
AT (n = 26)	I 2			-----	4	4		2	2	
	I 1		1						1	
	M	1	6		9	11	2	7	14	3
AS (n = 17)	I 2	-----			-----					
	I 1		1	1		2	1		3	
	M		5			10		3	8	1
FS (n = 21)	I 2	-----			-----			1		1
	I 1		3			3			1	
	M		4	1		7	1	3	5	2

Relativamente ao elemento 1 (Argumento apresenta uma estrutura que inclui os seguintes elementos: dados, fundamento e conclusão), verifica-se que a quase totalidade dos alunos, antes da formação, não tinha ideias sobre a estrutura de um argumento. No teste intermédio, apenas o grupo AT apresenta um aumento no número de alunos que refere a estrutura de um argumento. Entre o pré-teste e o pós-teste, o número de alunos que refere o elemento 1 passa de um para nove (3,8% para 34,6%) no grupo AT, passa de zero para quatro (19,0%) no grupo FS, e passa de zero para 3 (17,6%) no grupo AS. Assim, a percentagem de alunos que mostraram ter adquirido alguma ideia sobre a estrutura de um argumento aumenta cerca de 30% no grupo AT e nos grupos FS e AS aumenta menos de 20%.

Constata-se que o elemento mais mencionado em todos os grupos e em todos os testes é o elemento 2 (Argumento constitui uma defesa/justificação ou contestação de uma ideia que pode ser uma mera hipótese, uma conclusão ou uma explicação que se pretende fundamentar). Entre o pré-teste e o teste intermédio, em todos os grupos se verifica um aumento do número de alunos que referiram o elemento 2. No teste final este número continuou a aumentar no grupo AT, diminuindo nos grupos AS e FS. Como resultado, entre o pré-teste e o teste final, o número de alunos que referiu este elemento, no grupo AT, aumentou de sete para dezassete (26,9 % para 65,4%), no grupo AS, aumentou de seis para onze (35,3 para 64,7), e no grupo FS, diminuiu de sete para seis (33,3% para 28,6%). Assim, no teste final as percentagens de referências ao elemento 2 aumentaram, nos grupos AT e AS, cerca de 30% e o elemento 3 passou a ser referido pela maioria dos alunos destes grupos, enquanto no grupo FS menos de uma terça parte dos alunos deste grupo mostra ter ideia do que é um argumento.

Quanto ao elemento 3, que diz respeito à defesa ou contestação de uma ideia com base em argumentos que devem ter em conta (3 A - evidência empírica apoiada em dados obtidos na actividade experimental, 3 B - o conhecimento já aceite pela comunidade científica para elaboração de argumentos a favor ou ontra novas explicações/justificações ou respostas a problemas), verifica-se que as referências a este elemento são muito poucas em todos os testes e grupos, sendo referido no teste final por um aluno (5,9 %) do grupo AS, três alunos (11,5 %) do grupo AT, e três alunos (14,3 %) do grupo FS. Deste modo, ao contrário dos elementos 1 e 2, em todos os grupos, o elemento 3 continuou a ser referido após as actividades, por uma percentagem pequena de alunos. Sendo assim, os alunos, na sua maioria, não reconhecem a necessidade do uso de argumentos devidamente fundamentados com recurso à evidência empírica ou a factos e teorias já aceites pela comunidade científica, mostrando não ter conhecimento de que a construção das conclusões é um processo argumentativo. Este facto parece relacionado com o que, anteriormente, foi registado a propósito da evidência, ou seja, o facto de os alunos não referirem que a evidência pode ter um carácter teórico, bem como o facto de não reconhecerem papel da evidência na fundamentação das conclusões.

Em síntese, relativamente ao conceito de argumento, constata-se que:

- Relativamente ao elemento 1, que diz respeito à estrutura de um argumento, apenas no grupo AT se verificou que a percentagem de alunos que o referiu aumentou mais de 30%.
- Relativamente ao elemento 2 (o argumento é uma defesa/justificação ou contestação fundamentada de uma ideia) apenas nos grupos AT e AS ocorreram aumentos consideráveis (cerca de 30%) na percentagem de alunos que o referiram. Assim, os grupos que realizaram actividades com grau de abertura elevado passaram a apresentar, no teste final, uma maioria de alunos (superior a 60%) que se mostrou capaz de dizer o que é um argumento.
- O elemento 3, respeitante ao papel da evidência empírica e das teorias e factos científicos na fundamentação de argumentos que conduzem a novas teorias/conclusões, é muito pouco referido em todos os testes e o número de alunos que o refere apresenta pequenos aumentos nos três grupos.

Esperava-se que, no pós-teste, em todos os grupos existisse maior número de alunos que referissem a estrutura de um argumento, pois tinha sido solicitado aos professores que, no final de cada actividade e após a reflexão em grande grupo, apresentassem as conclusões finais recorrendo ao modelo de Toulmin (1958) (dados, fundamentos, conclusão). No entanto, é possível que os

professores estivessem mais preocupados com conseguir que os alunos aprendessem os conteúdos científicos e respondessem correctamente às respectivas questões do que com promover a compreensão da estrutura de um argumento.

4.3.5. A evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de conclusão

4.3.5.1 Evolução global das ideias dos alunos sobre o conceito de conclusão

Na tabela 16 apresentam-se os resultados da análise das respostas sobre o conceito de conclusão, dadas pelos alunos no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste. As categorias utilizadas na análise são as mesmas que foram utilizadas nos conceitos anteriormente considerados e figuram na tabela de um modo ordenado, começando na que corresponde à categoria mais adequada (completa) para a menos desejada (sem resposta aceitável). Na tabela 16, constata-se que não foram apresentadas respostas completas por nenhum aluno, em nenhum dos grupos.

Tabela 16

Desempenho dos alunos na definição do conceito de conclusão, no pré-teste, no teste intermédio e no pós-teste (N=64)

Categorias De Resposta	Grupo AT (n=26)						Grupo AS (n=17)						Grupo FS (n=21)					
	Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós		Pré		Inter		Pós	
	f	%	f	%	f	%	F	%	f	%	f	%	f	%	f	%	F	%
Completa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Incompleta I2+	1	3,8	8	30,8	9	34,6	1	5,9	4	23,5	3	17,6	1	4,8	1	4,8	2	9,5
Incompleta I1	0	0,0	5	19,2	3	11,5	2	11,8	3	17,6	6	35,3	0	0,0	2	9,5	6	28,6
Mista	12	46,2	9	34,6	11	42,3	7	41,2	6	35,3	5	29,4	6	28,6	11	52,4	11	52,4
Sentido corrente	11	42,3	4	15,4	3	11,5	5	29,4	4	23,5	2	11,8	6	28,6	6	28,6	2	9,5
Sem resposta aceitável	2	7,7	0	0,0	0	0,0	2	11,8	0	0,0	1	5,9	8	38,1	1	4,8	0	0,0

Comparando as respostas dadas, no pré-teste, pelos alunos dos três grupos não se pode afirmar que os grupos estivessem nas mesmas condições iniciais. Na verdade, a percentagem de respostas na categoria SR no grupo FS é mais elevada (38,1 %) do que nos grupos AT e AS (7,7 % no grupo AT e 11,8 % no grupo AS). No que toca à percentagem de respostas que, de início, se situam na subcategoria I (I1 e I2+) o grupo FS apresenta um valor baixo (4,8 %) que é próximo do

valor apresentado pelo grupo AT (3,8%), ambos bastante inferiores ao do grupo AS (17,7 %). Dado que, no grupo AT a percentagem de respostas na categoria SR é bastante inferior à do grupo FS, parece que à partida o grupo FS se situava numa situação de inferioridade.

Com base na tabela 16 é possível concluir que o número de respostas que se situa na categoria SC, bem como na categoria SR diminui, desde o pré-teste até ao teste final, em todos os grupos. O número de respostas que se situam na categoria I (I1 e I2+) aumenta em todos os grupos, entre o pré-teste e o teste final. Estes factos indicam que os grupos evoluíram.

Todavia, dadas as diferenças iniciais entre os grupos, usando o mesmo procedimento que foi usado para os outros conceitos, a análise comparativa da evolução dos grupos vai ser efectuada com base na análise dos resultados de cada um dos alunos nos três testes. Na tabela 17, apresenta-se a evolução de todos os alunos dos três grupos, do pré-teste para o teste intermédio, deste para o teste final e do pré-teste para o teste final. Para a análise da evolução dos alunos entre cada par de testes consideram-se as mesmas três principais categorias de análise (mantêm, regridem e evoluem) já consideradas para os conceitos anteriores.

Tabela 17

Evolução do desempenho dos alunos na definição do conceito de conclusão

(N=64)

Categorias	testes	Mantêm					Regridem				Evoluem									
		I2	I1	M	Sc	SR	Cat 1		2 Cat		1 Cat				2 Cat		3 Cat		4 Cat	
Grupo		I2/I1	I1/M	I2/M	M/SR	I1/I2	M/I1	SR/SC	SC/M	SC/I1	M/I2	SR/M	SC/I2	SR/I1	SR/I2					
AT (n=26)	Pré/Int	1		5	2	---	---	---	---	---	1	2	4	4	6	---	1	---	---	
	Int/Pós	7	2	7	3	---	---	2	1	---	1	1	---	1	---	---	---	---	---	
	Pré/Pós	1		6	1	---	---	---	---	---	---	---	2	5	3	6	---	2	---	---
	Tot P/P	8 (30,8%)					0 %				18 (69,2 %)									
AS (n= 17)	Pré/Int	1		3	4	---	---	---	---	2	3	---	1	---	1	2	---	---	---	
	Int/Pós	2	3	3	2	---	---	2	---	1	---	1	---	2	---	1	---	---	---	
	Pré/Pós		1	3	2	1	1	---	---	---	1	3	---	2	1	1	---	---	---	1
	Tot P/P	7 (41,2%)					1 (5,9%)				9 (52,9%)									
FS N=21	Pré/Int	1		6	1	1	---	---	---	---	---	5	3	2	---	2	---	---	---	
	Int/Pós	1	1	8	2	---	---	1	---	---	2	---	1	3	1	1	---	---	---	
	Pré/Pós	1		6		---	---	---	---	---	---	2	3	3	---	2	---	3	1	
	Tot P/P	7 (33,3%)					0 %				14 (66,7%)									

Na mesma tabela é possível constatar que uma parte considerável dos alunos de cada grupo (30,8%, 41,2% e 33,3% nos grupos AT, AS e FS respectivamente) não sofreu nem evolução nem regressão, mantendo as suas respostas na mesma categoria. Também se pode constatar que a

percentagem de alunos que evolui desde o pré-teste até ao pós-teste é bastante próxima nos grupos AT e FS (69,2% no grupo AT e 66,6% no grupo FS) e mais baixa no grupo AS (52,9%). Assim, o grupo FS e o grupo AT apresentam-se muito próximos no que respeita ao número total de evoluções que, no grupo AS, são em número mais reduzido. Tal como se verificou para os outros conceitos, nem todos os alunos que evoluíram passaram a apresentar uma resposta na categoria I (I1 ou I2+) e as evoluções não são igualmente acentuadas, existindo casos em que as respostas subiram mais do que uma categoria. No que diz respeito às respostas que entraram para a categoria I, verifica-se que, ao contrário do que se verificou para os outros conceitos, no grupo FS existe maior número de alunos cujas respostas sobem três e quatro categorias, o que não implica que apresente maior número de alunos que entrem para essa categoria.

Por outro lado, no que diz respeito às regressões, verifica-se que entre o pré-teste e o teste intermédio não existem regressões em nenhum dos grupos, e que, entre o teste intermédio e o teste final, existe maior número de regressões nos grupos AT e AS. No entanto, apesar destes casos de regressão, entre o pré-teste e o teste final, há um único caso de regressão no grupo AS em que a resposta do aluno continua na categoria I, pois corresponde a uma a passagem da subcategoria I2+ para a subcategoria I1.

Na tabela 17, pode obter-se o número de alunos cujas respostas, entre o pré-teste e o teste final, entram na categoria I (I1 e I2+) é igual a 11 no grupo AT, seis no grupo AS, e sete no grupo FS, o que corresponde a aumentos percentuais de 42,3%, 35,3% e 33,3%, respectivamente.

Numa apreciação global, dado que não há alterações na categoria C, se for tomado como critério de evolução a percentagem de alunos cuja evolução leva a que as suas respostas passem a ser incluídas na categoria I, parece que o grupo AT foi aquele que mais evoluiu, seguindo-se o grupo AS e o grupo FS muito próximo.

De seguida, descrevem-se as movimentações de alguns alunos entre diferentes categorias de resposta para ilustrar como evolução e regressão parciais se conjugaram para conduzir ao resultado final.

O aluno 4AGAT apresenta respostas com evolução entre o pré-teste e o teste intermédio, seguido de regressão no pós-teste. De facto, no pré-teste este aluno apresenta uma resposta em que refere o elemento 1 (A apresentação de uma conclusão pode implicar a experimentação para testagem de hipóteses), afirmando que "conclusão é, suponho eu, uma resposta definitiva à pergunta ou dúvida científica colocada". A resposta é parcialmente correcta mas o uso do termo definitivo parece indicar que o aluno rejeita a possibilidade de revisão, por isso a resposta foi

classificada na categoria M. No teste intermédio, este aluno apresenta uma resposta, classificada na subcategoria I1, na qual associa a conclusão à explicação de um fenómeno (elemento 1) ao afirmar que “[...] quando chegamos a uma conclusão conseguimos explicar o fenómeno ou não”. No pós-teste, o mesmo aluno apresenta uma resposta em que alude ao elemento 4 (uso de argumentos e/ou vários tipos de raciocínio na análise das evidências para a fundamentação das conclusões), pois refere a necessidade de provas. Assim, a resposta é em parte correcta, mas foi classificada na categoria M por recorrer ao termo concluir para dizer o que entende por conclusão, como se constata na resposta: “É quando conseguimos provas e a partir destas conseguimos concluir o motivo pelo qual acontece determinado fenómeno”.

As respostas da aluna 12AGAT exemplificam um caso de evolução, entre o pré-teste e o teste intermédio, da categoria M para a subcategoria I2+ que se mantém no teste final. De facto, no pré-teste afirma que uma conclusão “é o último passo de método experimental” e refere uso de argumentos na fundamentação da conclusão (elemento 4) e a experimentação para testagem de hipóteses (elemento 2), acrescentando que “depois de analisar as hipóteses colocadas, através de experiências, temos que tirar uma conclusão, neste caso se a hipótese é válida ou não, e argumentar qualquer que seja a resposta”. Posteriormente, no teste intermédio, esta aluna já não refere o método experimental e acrescenta uma referência ao elemento 1 visto que afirma: “É a resposta ao problema e às hipóteses colocadas no início da experiência. A conclusão tirada tem que ser válida, bem argumentada e pode ser de acordo com a hipótese ou seja positiva ou negativa”. Por fim, no pós-teste, a mesma aluna apresenta uma resposta que se mantém na mesma categoria, referindo os mesmos elementos ao afirmar: “É a resposta ao problema e depois da actividade experimental obtemos resultados que podem ser positivos ou negativos que iremos justificar de acordo com as teorias científicas”.

4.3.5.2. Identificação dos elementos referidos pelos alunos nas suas definições de conclusão

A análise qualitativa das respostas dos alunos implicou a identificação dos elementos definidores, indicados no ponto 3.9.2 que foram referidos em cada resposta dos alunos relativamente ao conceito de conclusão. O número de referências a cada um desses elementos, nas categorias de resposta I2, I1 e M, em cada um dos três testes, figuram na tabela 18.

Tabela 18

Número de alunos que refere cada um dos elementos definidores do conceito de conclusão em cada um dos testes

Grupos	Cat	Pré				In Ter				Pós			
		el.1	el.2	el.3	el.4	el.1	El.2	el.3	el.4	el.1	el.2	el.3	el.4
AT (n = 26)	I2	1	1			6	6	2	4	7	8	2	2
	I1			-----		2	2		1	2			1
	M	5	8		2	2	7		1	1	7	2	2
AS (n = 17)	I2		1	1		3	3	3	1	2	2	1	1
	I1	2			-----	2	1			2	4		
	M	3	5	1		2	4	2	1	1	3		1
FS (n = 21)	I2		1	1			1	1			2	1	1
	I1				-----		2			1	1		4
	M		6			1	7		3		9		2

O número de referências ao elemento 1 (1A - conclusão é uma resposta a um problema ou uma explicação/justificação de um fenómeno, 1B - é um dos elementos da estrutura do argumento) aumenta apenas no grupo AT passando de seis para dez (23,1 % para 38,5 %). No grupo AS não há acréscimo no número de alunos que refere este elemento que, no pré-teste e no teste final, é referido por cinco alunos (29,4%). No grupo FS há uma única referência a este elemento no teste intermédio e no teste final. Assim, pode dizer-se que o grupo AT é o único em que uma parte considerável dos alunos considera, no pós-teste, que as conclusões científicas constituem respostas a problemas ou explicações/justificações de um fenómeno.

O elemento 2 (Em ciências a apresentação de uma conclusão pode implicar experimentação para testagem de hipóteses) é o mais referido em todos os grupos e em todos os testes. No entanto, os alunos referem a recolha de dados na actividade experimental, mas não explicam o modo como a partir dos dados obtidos se processa a elaboração das conclusões, sendo, portanto, incompletas as referências e nada se pode concluir sobre o entendimento dos alunos acerca desse processo. O número de alunos que refere este elemento aumentou, no teste intermédio, em todos os grupos, mais acentuadamente no grupo AT. Deste o pré-teste até ao teste final aumenta de seis para nove (35,3 % para 52,9 %) no grupo AS, de sete para doze no grupo FS (33,3 % para 57,1 %) e de nove para 15 (34,6 % para 57,7 %) no grupo AT.

O elemento 3 (Em ciências a apresentação de uma conclusão pode implicar o uso do conhecimento já aceite pela comunidade científica) é pouco referido em qualquer dos grupos. O grupo AT é o único que apresenta aumento no número de alunos que refere este elemento. De facto, depois de aumentar no teste intermédio, esse número volta novamente a aumentar no teste final

passando a ser referido por 15,4% dos alunos do grupo AT. Pelo contrário, no grupo AS, o número de alunos que refere o elemento 3, depois de aumentar no teste intermédio decresce no teste final, no qual passa a ser referido apenas por um aluno (5,9%) e, no grupo FS, não aumenta o número de alunos que refere este elemento. Assim, nos três grupos, são muito poucos os alunos que, após as actividades, apresentam ter a noção do papel das teorias científicas na construção de novas conclusões.

Quanto ao elemento 4 (Uso de argumentos e de raciocínios na análise das evidências e fundamentação das conclusões), verifica-se que nos grupos AT e AS existem pequenos acréscimos no número de alunos que referem este elemento. Pelo contrário, no grupo FS existem sete alunos que, no teste final, fazem referência ao uso de raciocínio dedutivo na elaboração das conclusões. Assim, o número de alunos que referem o elemento 4 passa de zero para sete (33,3%) no teste final e este elemento passa a ser referido por cerca de uma terça parte dos alunos do grupo FS.

Em resumo, no que diz respeito ao conceito de conclusão, verificou-se que:

- No grupo AT e no grupo FS, o número de alunos que refere o elemento 2 (a apresentação de uma conclusão pode implicar experimentação para testagem de hipóteses) ao reconhecerem a necessidade de recolha de dados. Estes aumentos correspondem a mais de 20% dos alunos e o elemento passa a ser referido por uma maioria dos alunos no pós-teste.
- No grupo FS, apresenta um aumento superior a 30% no número de alunos que referem o uso de raciocínio dedutivo na elaboração das conclusões.
- Nenhum dos outros elementos apresenta, em nenhum grupo, aumentos que atinjam 20% dos alunos.

4.3.6 Análise comparativa da evolução dos grupos relativamente aos cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências

Os resultados obtidos mostraram que os alunos possuem conhecimentos muito limitados sobre os cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências. De facto, foi constatada a ausência total de respostas classificadas na categoria C (respostas completas e correctas), relativamente a todos os conceitos, nos três grupos e em todos os testes. Acresce que, relativamente ao conceito de evidência, também se verificou ausência de respostas classificadas nas subcategorias I1 e I2+, ou seja, respostas que apresentam referências aos elementos definidores e que não

incluem partes incorrectas ou confusas. Face aos resultados obtidos, a evolução dos alunos, na globalidade, foi analisada com base no aumento do número de respostas que passaram a pertencer à categoria I (I1 + I2) no que diz respeito a quatro conceitos (hipótese, teoria, argumento e conclusão). Contudo, no que diz respeito ao conceito de evidência, pelo facto de não existirem respostas na categoria I, foi necessário considerar as respostas na categoria M, ou seja, que incluem partes correctas e partes incorrectas ou confusas.

A tabela 17 apresenta os acréscimos nas percentagens de respostas incluídas na categoria I apresentados pelos três grupos de investigação, para quatro dos conceitos (hipótese, teoria, conclusão e argumento). Estes acréscimos foram calculados a partir dos dados apresentados nas tabelas 5, 8, 14, e 17 e já foram referidos a propósito da evolução de cada um dos grupos, em cada um dos conceitos. A comparação dos acréscimos obtidos pelos três grupos mostra que, relativamente a estes conceitos, o grupo AT é o que apresenta maior percentagem de respostas que entram para a categoria I (I1 + I2), seguindo-se-lhe o grupo AS.

Tabela 19

Acréscimos /decrécimo nas percentagens de respostas incluídas na categoria I (%)

	Grupo AT (n=26)	Grupo AS (n=17)	Grupo FS (n=21)
Hipótese	34,6	35,3	23,8
Teoria	53,8	29,4	14,3
Conclusão	42,3	35,3	33,3
Argumento	7,7	5,9	- 4,8

Relativamente a três dos conceitos (hipótese, teoria e conclusão), os acréscimos apresentados pelos grupos AT e AS são, na sua maioria, superiores a 30%, enquanto que no grupo FS percentagens dessa ordem de grandeza foram obtidas apenas para o conceito de conclusão (tabela 17). No que diz respeito ao conceito de argumento, parece que se pode concluir que a evolução foi muito reduzida, pois os acréscimos na percentagem de respostas na categoria I, nos grupos AT e AS, são inferiores a 10%, e no grupo FS existe mesmo um decréscimo do número de respostas na categoria em causa, o que mostra um retrocesso dos alunos deste grupo nas suas ideias sobre o conceito de argumento.

No caso do conceito de evidência, para o qual não existem respostas classificadas na categoria I, as únicas referências aos elementos definidores encontram-se nas respostas classificadas na categoria M. Nesta categoria, os acréscimos no número de respostas são relativamente acentuados (53,8%, 47,1% e 42,8% nos grupos AT, AS e FS, respectivamente). Tomando como critério de evolução a percentagem de respostas que entram para a categoria M e que antes se encontravam nas categorias SC e SR, verifica-se que na comparação dos grupos AS e FS, os resultados apontam no sentido de que o grupo AS evoluiu mais do que o grupo FS e, na comparação dos grupos AT e AS, os resultados apontam no sentido de que o grupo AT evoluiu mais do que o grupo AS, ou seja, verifica-se algo de análogo ao que se verificou para os outros conceitos. Tendo em conta as dificuldades dos alunos em relacionar teoria e evidência (Kuhn, 1989; Leach, 1998; Leach & Scott, 2002), bem como as dificuldades na selecção de dados que constituem evidências das conclusões/explicações que pretendem apresentar (Afonso & Leite, 2003; Leite, 2005; Sandoval & Reiser, 2004; Watson & Swain, 2004), e que alguns estudos mostram que, nos seus argumentos, os alunos tendem a apresentar justificações que não se apoiam em evidências (Díaz Bustamante, 1999; Von Aufschnaiter *et al.*, 2008), não surpreende que, apesar da importância que frequentemente atribuem à evidência empírica (Albe, 2007; Hodson, 1998), os alunos tenham apresentado dificuldade, no pré-teste, em definir o conceito de evidência, e não seria de esperar que, nesse teste, apresentassem respostas completas ou respostas que incluíssem muitas referências aos elementos definidores. De facto, no pré-teste as respostas dos alunos mostraram-se muito distantes de respostas completas. Sendo assim, só uma progressão muito acentuada levaria a que fossem apresentadas, no pós-teste, respostas na categoria I. Todavia, há que sublinhar que efectivamente, se verificou a existência de uma evolução dos alunos dos três grupos e que esta foi mais acentuada nos grupos que realizaram actividades com maior grau de abertura.

Comparando, relativamente a todos os cinco conceitos, os resultados obtidos pelos grupos AS e FS, verifica-se que o grupo AS evoluiu mais do que o grupo FS. Este facto seria de esperar tendo em conta que o grupo AS, ao contrário do grupo FS, realizou actividades com grau de abertura elevado. De facto, durante as actividades POER, os alunos do grupo AS apresentaram previsões baseadas nas suas ideias que foram validadas ou postas de lado. Como foi referido no segundo capítulo, estas actividades permitiram que fosse criado um contexto adequado para que os alunos usassem a evidência empírica e repensassem os seus pontos de vista (Scanlon *et al.*, 2002; Naylor, Keogh, & Dowing, 2007). De facto, quando confrontaram as suas previsões com a evidência empírica, os alunos tiveram que reflectir sobre a inter-relação entre as ideias subjacentes às suas

previsões e as evidências obtidas no laboratório, para, com base nesta reflexão, apresentarem argumentos para as suas conclusões.

Seria de esperar que o desempenho dos alunos do grupo AT fosse próximo do desempenho dos alunos do grupo AS, no que respeita aos cinco conceitos, visto que estes dois grupos realizaram actividades POER. Contudo, comparando os resultados obtidos pelos grupos AS e AT, verifica-se que, relativamente a quatro dos conceitos (teoria, evidência, argumento e conclusão), o grupo AT evoluiu mais do que o grupo AS e que, relativamente ao conceito de hipótese, parece ter acontecido o contrário. No entanto, para os conceitos de hipótese e argumento, os resultados dos dois grupos são bastante próximos. Assim, os resultados não sugerem vantagem do uso do SATD, por comparação com o uso do termómetro, para a evolução das ideias dos alunos relativamente aos conceitos referidos.

A caracterização da evolução, com base no aumento do número de respostas que referem os elementos definidores (nas categorias I e M), foi complementada com a análise de quais os elementos definidores referidos. Os dados relativos a esta análise constam das tabelas 4, 7, 10, 13, e 16, relativas aos conceitos de hipótese, teoria, evidência, argumento e conclusão, respectivamente. Em nenhum dos grupos, os alunos adquiriram, acerca do conhecimento científico, todas as ideias base incluídas nos elementos definidores dos cinco conceitos considerados, nem mesmo a maioria delas. De acordo com a análise anteriormente apresentada para cada um dos conceitos, os elementos definidores que foram menos focados pelos alunos de todos os grupos são os seguintes:

- Relativamente ao conceito de hipótese: o elemento 3 (A formulação de hipóteses é um acto criativo que: 3 A - pode ser fundamentado no conhecimento já aceite pela comunidade científica, 3 B - pode colocar em causa o conhecimento aceite pela comunidade científica) e o elemento 4 (Com base nas hipóteses deve ser possível elaborar previsões).
- Relativamente ao conceito de Teoria: o elemento 3 (No processo de validação deve ter-se em conta: 3 A - a argumentação levada a cabo na comunidade científica para fundamentar a teoria, 3 B - a testagem através da actividade empírica) e o elemento 4 (Depois de validadas, são aceites pela comunidade científica em determinado momento histórico e estão sujeitas à revisão, visto não serem verdades absolutas)
- Relativamente ao conceito de evidência: o elemento 2 (As evidências podem ter carácter teórico quando se apoiam em factos e teorias já aceites em ciências), o elemento 3 (O

carácter universal da evidência não pode ser confundido com certeza absoluta), e o elemento 4 (As evidências intervêm na fundamentação das conclusões).

- Relativamente ao conceito de argumento: o elemento 3 (Em ciências a defesa ou contestação de uma hipótese, conclusão ou explicação deve ter em conta: 3 A - a evidência empírica apoiada nos dados da actividade experimental, 3 B – o conhecimento já aceite pela comunidade científica para elaboração de argumentos a favor ou contra novas explicações/justificações ou respostas a problemas).
- Relativamente ao conceito de conclusão: o elemento 3 (A apresentação de uma conclusão implica o uso do conhecimento aceite ou seja as teorias científicas na elaboração das conclusões) e o elemento 4 (A apresentação de uma conclusão implica o uso de argumentos e de raciocínios, análise das evidências e fundamentação das conclusões).

Os elementos definidores, não referidos ou muito pouco focados pelos alunos de todos os grupos, apresentam em comum o facto de estarem ligados com a fundamentação das ideias (hipótese, teorias, conclusões). De facto, grande parte dos alunos não refere a necessidade de fundamentar as hipóteses, teorias e conclusões, não se apercebem do papel da teoria na fundamentação das hipóteses e parece que consideram a evidência empírica como um critério de validação. Quando se referem à validação das teorias, todas as referências apresentadas pelos alunos dizem respeito ao papel da evidência empírica (elemento 3B), o que significa que esses alunos reconhecem a necessidade da evidência empírica, mas parecem desconhecer o papel da argumentação na fundamentação das ideias (hipóteses, teorias, e conclusões). Esta situação mostra-se concordante com o facto de os alunos não referirem que a evidência pode ser de carácter teórico (elemento 2), aspecto que não mereceu referências no pré-teste e que teve muito poucas nos testes seguintes. Também em concordância com estes pontos de vista, relativamente ao conceito de argumento, os alunos não referem que o argumento é a defesa ou contestação de uma ideia (hipótese, conclusão ou explicação), seja com base na evidência empírica, seja com base em factos e teorias aceites pela comunidade científica. Ainda em concordância com o mesmo ponto de vista, relativamente ao conceito de conclusão, não é referido o uso do conhecimento aceite na elaboração das conclusões (elemento 3), nem a necessidade de usar argumentos e/ou vários tipos de raciocínio na análise das evidências para a fundamentação das conclusões (elemento 4) que, com excepção do grupo FS, é muito pouco referido no teste final. Assim, parece que uma grande parte dos alunos não reconhece que as ideias (hipótese, teorias, conclusões) têm de ser fundamentadas com base

em argumentos e que, no processo de argumentação em ciências, intervêm as evidências e as teorias já validadas e aceites.

Não surpreende que o tipo de situação que acaba de ser referido se tenha verificado no pré-teste, tendo em conta que, como já foi referido no capítulo II, os alunos apresentam uma visão das ciências como algo acabado (Sutton, 1998); apresentam dificuldade na coordenação entre teoria e evidência (Leach, 1999) e no uso das teorias que fazem referência a entidades não observáveis e a conceitos abstractos (Ogborn et al., 1997; Leach e Scott, 2002). Além disso, no que diz respeito ao papel da evidência no processo de construção do conhecimento científico, têm sido identificados, nos alunos, pontos de vista que, como já foi referido, sobrevalorizam a evidência empírica, considerando-a um critério de verdade (Hodson, 1998; Albe, 2007). De acordo com esses pontos de vista, as divergências entre cientistas corresponderiam apenas à falta de dados empíricos que, com o tempo, seriam adquiridos e considerados como critério de verdade, conduzindo os cientistas a um acordo (Albe, 2007). Consequentemente, nas suas definições dos conceitos de hipótese, teoria, evidência, argumento e conclusão, os alunos não parecem ter consciência de que estes conceitos estão relacionados entre si.

Esperava-se, contudo, que no pós-teste os pontos de vista dos alunos mostrassem uma alteração mais acentuada. As ideias dos alunos, sobre os conceitos relacionados com a argumentação, melhoraram um pouco. Todavia, a discussão que ocorreu, entre os alunos, talvez por ter sido insuficiente, não conduziu a uma compreensão de todos os elementos definidores de cada um dos conceitos associados à argumentação. Se tal tivesse acontecido, deveriam ter relacionado os cinco conceitos e ter adquirido uma melhor compreensão do papel da argumentação na construção do conhecimento científico.

4.4. Análise comparativa da evolução das interacções verbais e práticas argumentativas dos alunos

Neste subcapítulo é feita uma análise da evolução das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos apresentadas oralmente e complementadas pelos registos escritos, durante as actividades laboratoriais constantes da ficha número quatro (Anexos 1 e 2), seleccionada para esse fim.

Como foi referido no capítulo III, foram desenvolvidas duas perspectivas de análise das interacções verbais: uma em que foi utilizada a grelha de análise, apresentada no ponto 3.9.3 do

terceiro capítulo, a qual se centra na identificação da presença, ou ausência, de sinais de uma atitude metacognitiva por parte dos alunos; e outra em que o modelo de Toulmin (1958) foi tomado como referência para analisar as práticas argumentativas e nelas identificar, ou não, o uso de argumentos devidamente estruturados, formulados por um aluno ou co-construídos.

Foram elaborados quadros síntese para cada um dos grupos de investigação (AT, AS e FS) que serão apresentados e analisados nos pontos que se seguem 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3, respectivamente. Os resultados obtidos através desta análise vão permitir averiguar da eventual existência de diferenças, entre os três grupos de investigação, as quais poderão ajudar a compreender as diferenças anteriormente encontradas, nos mesmos grupos, relativamente à compreensão, por parte dos alunos, dos conteúdos conceptuais e dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências.

4.4.1. Análise das interacções verbais e das práticas argumentativas do grupo AT

4.4.1.1. Análise das interacções verbais do grupo AT

No quadro 8, estão registadas as ocorrências correspondentes a cada um dos itens constantes da grelha de análise das interacções verbais, detectadas nas intervenções orais e nos registos escritos de cada grupo de trabalho do grupo de investigação AT, durante a realização das actividades laboratoriais seleccionadas para o efeito já explicitadas no capítulo III (ponto 3.9.3). Neste quadro, as ocorrências associadas às comparações entre os corpos branco (br) e preto (pr) e entre os corpos branco e polido (pol), estão representadas por 'abs br/pr' e 'abs br/pol' na absorção, e por 'emiss br/pr' e 'emiss br/pol' na emissão.

Uma análise do quadro 8 permite verificar que na maioria das situações, os alunos apresentam uma participação à qual não corresponde qualquer atitude metacognitiva (1º nível) e que as situações em que alguns alunos apresentam pontos de vista que parecem evidenciar uma atitude metacognitiva (2º nível) são muito menos frequentes. A existência de poucas ocorrências nos itens do 2º nível da grelha de análise, decorre do facto de os grupos de trabalho não terem procedido a uma avaliação e reformulação profundas das suas interpretações/explicações. Algumas destas mantiveram-se incorrectas durante as discussões e grande parte das que evoluíram, passando a ser coerentes com o conhecimento escolar, mostraram-se superficiais e não fundamentadas convenientemente.

Quadro 8

Resultados da análise das interações verbais e dos consensos registrados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação AT

Nível	Itens *	GAT1	GAT2	GAT3	GAT4	GAT5	GAT6	GAT7	GAT8	GAT9	GAT10
	A1	abs pr/br emiss br/pr	abs br/poli emiss br/pr emiss br/poli	emiss br/pr emiss br/poli	abs br/pr emiss br/pr	emiss br/pr	abs pr/br e emiss br/pr	abs br/poli e emiss br/pr	abs br/pr e emiss br/pr	emiss br/poli	abs br/pr e emiss br/pr
	A2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	A3	_____	Abs br/pr	_____	emiss br/pr	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B1	_____	emiss pr/br	_____	emiss br/pr	_____	emiss br/pr	_____	abs br/pr emiss br/pr	_____	_____
1º Nível	B2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B3	_____	_____	abs br/pr emiss br/pr 4.1 e 4.3	emiss br/pr 4.2 e 4.3	_____	_____	abs br/pr emiss br/pr 4.2 e 4.3	abs br/pr emiss br/pr 4.1 e 4.2	_____	_____
	B4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B5	Emiss br/pr	emissão br/pr emiss br/poli	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	C1	_____	_____	abs pr/br emiss br/pr	_____	_____	_____	abs br/pr emiss br/pr	_____	_____	_____
	C2	_____	_____	_____	emiss br/poli	emiss br/poli	_____	_____	_____	emiss br/pr	emiss br/poli
	C3	abs br/poli emiss br/poli	abs br/pr	abs br/pr e abs br/poli	abs br/poli	abs br/pr emiss br/poli	abs br/poli emiss br/poli	abs br/pr emiss br/poli	abs br/poli emiss br/poli	abs br/pr abs br/poli	abs br/poli
	C4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	D1	absor br/pr emiss br/pr	abs br/poli emiss br/poli	emiss br/pr emiss br/poli	abs br/pr	emiss pr/br	abs pr br	abs br/poli emiss br/pr	_____	emiss br/poli	abs br/pr emiss br/pr
2º Nível	D2	_____	emiss pr/br 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4**	abs br/pr 4.2 e 4.4	emiss br/pr 4.1 e 4.4	_____	emiss br/pr	abs pr/br emiss br/pr 4.1 e 4.4	abs pr/br emiss br/pr 4.3 e 4.4	_____	_____
	D3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	emiss br/pr	_____	_____
	D4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	emiss br/pr	_____	_____
	E1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	E2	_____	abs br/pr	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	E3 a F5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

* ver significado no quadro 4 (ponto 3.9.3)

** questão 4.4 incompleta

No mesmo quadro, pode constatar-se que não há uma distribuição uniforme das ocorrências pelos diversos itens da grelha. Enquanto que, para alguns itens, não existe uma única ocorrência em nenhum grupo, para outros itens existem uma ou duas ocorrências, apenas em alguns grupos de trabalho, e para outros existe pelo menos uma ocorrência em cada grupo ou na maioria dos grupos.

Com excepção do item E2, não existem ocorrências para os itens de E1 a F5 que se centram na apresentação de previsões e explicações concordantes com o conhecimento escolar acompanhadas da elaboração de argumentos que as fundamentem. Para o item E2, em que foram classificadas as conclusões fundamentadas com algum pormenor e apoiadas nos dados obtidos e no conhecimento escolar anterior, existe uma ocorrência no grupo GAT2 que corresponde a uma explicação com referência ao comprimento de onda das radiações que é mais pormenorizada do que qualquer outra das que foram apresentadas.

Analisando agora os itens para os quais existem apenas uma ou duas ocorrências em alguns grupos de trabalho, A3, B1, B3, B5, C1, D3 e D4, constata-se (quadro 8) que:

- Para o item A3, que corresponde a situações em que os grupos não fizeram oposição às comparações despropositadas usadas por colegas para fundamentarem os seus pontos de vista, existem ocorrências no grupo GAT2 e no grupo GAT4, que adiante serão explicitadas;
- No que diz respeito ao item B1, que corresponde a uma leitura dos dados favorável ao ponto de vista que os alunos julgam válido, existem ocorrências nos grupos GAT2, GAT4, GAT6 e GAT8;
- Relativamente ao item B3, que corresponde a situações em que, apesar da oportunidade de insistirem na discussão sobre os resultados obtidos, os alunos não alteraram os seus pontos de vista, existem ocorrências nos grupos GAT3, GAT4, GAT7 e GAT8;
- Para o item B5 existem apenas duas ocorrências, uma no grupo GAT1 e outra no grupo GAT2, respeitantes a situações (que adiante serão referidas com mais pormenor) em que a dinâmica do grupo conduziu a que pontos de vista individuais, concordantes com o conhecimento escolar, fossem abandonados a favor de pontos de vista incorrectos;
- Para o item C1 existem duas ocorrências, nos grupos GAT3 e GAT7, que dizem respeito a regressões, igualmente adiante referidas com mais pormenor;
- No grupo GAT8 existe uma ocorrência para cada um dos itens D3 e D4 que tiveram lugar durante uma situação em que um dos alunos, com base num apelo aos dados, pôs em causa uma interpretação incorrecta que o grupo aceitou discutir (item D3) e, embora não

tenha conseguido fundamentar a sua interpretação correcta, acabou por conseguir que os colegas rejeitassem a interpretação incorrecta (item D4).

Relativamente aos itens para os quais existem ocorrências em todos os grupos ou na maioria dos grupos, com base no quadro 8, constata-se o seguinte:

- Em todos os grupos foram registadas ocorrências no item A1, correspondentes a previsões não concordantes com o conhecimento escolar, que, na sua maioria, dizem respeito a comparações entre os corpos branco e preto. Algumas dessas ocorrências são relativas à absorção e outras são relativas à emissão e também não estão de acordo com pontos de vista sobre absorção, anteriormente aceites como válidos pelos alunos.
- Também em todos os grupos de trabalho foram apresentadas previsões concordantes com o conhecimento escolar que foram incluídas no item C3 por serem acompanhadas de explicações superficiais. A maioria destas previsões dizem respeito à comparação entre os corpos branco e polido, na absorção ou emissão; relativamente à comparação entre os corpos preto e branco na absorção, apenas em cinco grupos existem previsões concordantes com o conhecimento escolar.
- Em todos os grupos existem ocorrências que corresponderam a situações em que, face aos resultados obtidos, é reconhecida a incorrecção dos pontos de vista apresentados nas previsões (item D1)
- Na maioria dos grupos existem ocorrências classificadas no item D2 por corresponderem a situações em que, nas questões de relacionamento, foi reconhecida a incorrecção dos pontos de vista que não tinham sido corrigidos após a obtenção dos resultados das actividades.

A fim de recolher informação sobre as consequências das interacções dentro dos grupos, analisou-se a evolução ocorrida nos mesmos, de acordo com os princípios definidos no capítulo III (ponto 3.9.3). Assim, no quadro 9, para cada uma das quatro actividades e para cada fase do desenvolvimento do trabalho (elaboração de previsões, depois da análise e discussão dos resultados e depois da reflexão sobre as questões de relacionamento), indica-se o resultado alcançado pelos grupos: o ponto de vista apresentado no consenso de grupo é aceite (A), o ponto de vista apresentado no consenso de grupo não é aceite (NA), o grupo não refere qualquer ponto de vista sobre a actividade (NR). Está também indicada a presença ou ausência da evolução entre as várias

fases das actividades: desde a fase de previsão até depois das actividades (P/D), entre esta última e a fase de relacionamento (D/R) e entre a fase de previsão e a fase de relacionamento (P/R). Constata-se que alguns grupos apresentaram pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar, quer na previsão quer após a actividade sobre a emissão dos corpos branco e polido, mas não referiram esses pontos de vista nas questões de relacionamento (NR).

Quadro 9

Evolução dos grupos de trabalho do grupo AT nas quatro actividades laboratoriais

Actividades sobre absorção e emissão de radiação IV	Grupos	Pontos de vista dos alunos nas diferentes fases			Evolução		
		Nas previsões	Depois da análise e discussão dos resultados obtidos	Depois da discussão nas questões de relacionamento	P/D	D/R	P/R
Absorção Corpos branco e preto	GAT1	NA	A	A	E	MA	E
	GAT2	A	A	A	M A	MA	MA
	GAT3	A	A	NA	M A	Re	Re
	GAT4	NA	A	A	E	MA	E
	GAT5	A	A	A	M A	MA	MA
	GAT6	NA	A	A	E	MA	E
	GAT7	A	A	NA	M A	Re	Re
	GAT8	NA	NA	NA	M NA	M NA	M NA
	GAT9	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT10	NA	A	A	E	M A	E
Absorção Corpos branco e polido	GAT1	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT2	NA	A	A	E	M A	E
	GAT3	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT4	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT5	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT6	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT7	NA	A	A	E	M A	E
	GAT8	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT9	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT10	A	A	A	M A	M A	M A
Emissão Corpos branco e preto	GAT1	NA	A	A	E	M A	E
	GAT2	NA	A	A	E	M A	E
	GAT3	NA	A	NA	E	Re	M NA
	GAT4	NA	NA	NA	M NA	M NA	M NA
	GAT5	NA	A	A	E	M A	E
	GAT6	NA	NA	A	M NA	E	E
	GAT7	NA	A	NA	E	Re	M NA
	GAT8	NA	NA	NA	M NA	M NA	M NA
	GAT9	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT10	NA	A	A	E	M A	E
Emissão Corpos branco e polido	GAT1	A	A	NR	M A	*	*
	GAT2	NA	A	NR	E	*	*
	GAT3	NA	A	A	E	M A	E
	GAT4	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT5	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT6	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT7	A	A	NR	M A	*	*
	GAT8	A	A	A	M A	M A	M A
	GAT9	NA	A	A	E	M A	E
	GAT10	A	A	A	M A	M A	M A

No mesmo quadro, verifica-se que, na maioria dos casos, foram alcançados pontos de vista correctos, mas existem grupos que mantiveram alguns pontos de vista não compatíveis com o conhecimento escolar. De facto, na comparação do comportamento das latas branca e preta na absorção da radiação IV, após a realização das actividades, apenas o grupo GAT8 manteve o ponto de vista discordante do conhecimento escolar implicado na previsão, o que corresponde à categoria M NA de comparação de respostas em duas fases da actividade (quadro 6 capítulo III), e continuou a manter o mesmo ponto de vista (M NA) nas questões de relacionamento. Na mesma comparação, nas questões de relacionamento, também manifestaram pontos de vista incorrectos os grupos GAT3 e GAT7 em que ocorreu regressão.

Na comparação do comportamento das latas branca e preta relativamente à emissão, após a realização das actividades e discussão dos resultados, três grupos (GAT4, GAT6, GAT8) mantiveram os pontos de vista discordantes do conhecimento escolar implicados nas suas previsões (M NA). Dois destes grupos (GAT4, GAT8) mantiveram os mesmos pontos de vista nas questões de relacionamento (M NA). Na mesma comparação, nas questões de relacionamento, também manifestaram pontos de vista incorrectos, os grupos GAT3 e GAT7 em que ocorreu regressão.

Em todos os outros casos em que as previsões se apoiaram em pontos de vista não compatíveis com o conhecimento escolar, tais pontos de vista deixaram de se manifestar quando procederam à reflexão sobre as questões de relacionamento.

Como foi referido no ponto 3.9.3, a análise dos percursos próprios de cada grupo permitiu agrupá-los em cinco tipos de percursos evolutivos. De seguida, vão ser ilustrados os diversos tipos de percursos com base na descrição do modo como evoluíram alguns grupos de trabalho. Esta descrição permite, simultaneamente, clarificar os factores que contribuíram para cada um desses tipos de evolução.

a) Os pontos de vista do grupo foram corrigidos definitivamente após a realização das actividades

Este tipo de evolução foi apresentado, na comparação entre os corpos branco e preto: pelos grupos GAT1 e GAT10 relativamente à absorção e à emissão; pelo grupo GAT5 relativamente à emissão; pelos grupos GAT4 e GAT6 relativamente à absorção. Também, foi identificado, no grupo GAT9, na comparação entre o corpo branco e o polido, relativamente à emissão. Os factores determinantes para estas evoluções (que se mantiveram, sem retrocesso, nas questões de relacionamento) parecem ter sido, em alguns casos (grupo GAT5), os resultados obtidos na

actividade laboratorial, e, noutros casos (grupo GAT1), a discussão desses mesmos resultados. Efectivamente, no grupo GAT5, a alteração dos pontos de vista parece ter ocorrido de forma imediata como consequência dos resultados obtidos, sem que os alunos tenham discutido sobre esses resultados. Pelo contrário, no grupo GAT1, os alunos discutiram sobre a análise dos resultados obtidos, sendo que a alteração do ponto de vista dos alunos só ocorreu depois dessa discussão. Após a realização da actividade, os alunos começaram por fazer uma leitura dos resultados favorável ao seu ponto de vista cientificamente não aceite e só com uma discussão cuidadosa e a intervenção da professora, passaram a fazer uma correcta interpretação dos mesmos. No início, aquando da elaboração das previsões, um dos alunos deste grupo já tinha apresentado um ponto de vista correcto, como se pode constatar pelo seguinte diálogo que teve lugar a propósito da emissão:

A3 – Sinceramente eu acho que vai ser o preto a arrefecer...

A1 – Não, agora é ao contrário, ele está a transferir do interior para o exterior. Vai ser igual.

A3 – Vai ser o preto mais depressa a arrefecer

A1 – Vai ser igual

Prof. – Porque dizem isso?

A3 – Se vai absorver mais ao entrar, ao sair não vai reflectir tanto vai absorver menos para o exterior.

De facto, o aluno A1 teve a intuição correcta de que o preto e o branco iriam arrefecer praticamente ao mesmo tempo e apercebeu-se da questão da transferência de energia do interior para o exterior. Contudo, os outros elementos do grupo rejeitaram este ponto de vista que, apesar de concordante com o conhecimento escolar, não foi suficientemente fundamentado pelo aluno que o apresentou, e que acabou por ceder face às opiniões dos colegas. Este é um exemplo do caso, referido por Couce, Domínguez e Alvarez (1999), em que a interacção que se produz entre iguais não favorece a aproximação entre o conhecimento dos alunos e o conhecimento científico.

Seria de esperar que a previsão sobre o comportamento idêntico dos corpos preto e branco, compatível com o conhecimento escolar, merecesse mais atenção por parte do grupo, na medida em que, já na absorção da radiação IV, os dois corpos tinham apresentado comportamentos considerados idênticos. No entanto, apesar de válida, tal ideia foi esquecida pelo próprio aluno que a tinha formulado, o qual assumiu o ponto de vista do grupo quando, na continuação do diálogo, afirmou: “Os gráficos que obtemos vieram confirmar as nossas previsões feitas anteriormente”. De facto, imediatamente depois de realizada a actividade, os alunos deste grupo de trabalho consideraram confirmada a previsão porque fizeram uma leitura dos dados que terá sido condicionada pelas ideias prévias da maioria dos alunos. Note-se que este tipo de comportamento era esperado tendo em conta que as ideias prévias têm um papel central no processo de

aprendizagem na medida em que levam os alunos a rejeitar evidências empíricas, para não terem que abandonar as suas ideias (Kuhn, 1993).

Finalmente, com a intervenção da professora na discussão, os alunos deste grupo procederam a uma análise mais detalhada dos dados obtidos na actividade e foi, então, reconhecido, pelo aluno R3, no final da discussão, que a lata negra apresenta emissão próxima da branca e superior à da lata polida. No entanto, o aluno que inicialmente tinha previsto a igualdade dos comportamentos, quando esta passou a ser aceite pelo grupo, não a reclamou como sua, como se pode constatar na transcrição que a seguir se apresenta:

R2 - O preto transferiu energia mais rapidamente devido à suas capacidades de absorção.

Prof. - Foi muito mais do que o branco?

R3 - Houve uma pequena diferença.

R1 - Meio grau um grau.

Prof. - E então entre o branco e o polido?

R3 - Muito, por aí 10 graus.

Prof. - Mais de 10?

R1 - Nem 10, chegaram a 64, 63 e 69 graus.

R1- 69 graus é o polido. Para aí, para 4 ou 5 graus.

R3 - Tanto no branco como no preto a absorção é muito maior em relação à do polido.

[...]

R2 - Para o preto e para o branco a temperatura manteve-se mais ou menos igual.

Prof. - O que podes concluir disso?

R2 - Ambos têm a mesma capacidade de absorção.

R1 - Da radiação IV

Prof. - Estamos a medir absorção ou emissão?

R2 - Absorção

R1 - Emissão

R2 - Que emissão?

R1 - Da radiação IV, emissão e é de IV não é professora?

R3 - Tanto o preto como o branco têm um grau de emissão parecido e o polido muito baixo.

Assim, após o debate, orientado pela professora, o grupo apresentou uma síntese final concordante com a opinião inicial do aluno A1 que logo no início na previsão sobre o comportamento das latas branca e preta tinha afirmado “vai ser igual”, mas que, entretanto, tinha passado despercebida. Apesar de, inicialmente, a discussão não ter sido eficaz porque o grupo não deu atenção à opinião do aluno A1, após a intervenção da professora, no texto registado na ficha de trabalho, o grupo reconheceu a proximidade de comportamento da lata branca e da lata preta relativamente à absorção e à emissão, embora sem se aperceberem que isso já tinha sido afirmado pelo aluno A1. Tendo em conta que os estudantes, por vezes, não têm em conta os dados obtidos mas apenas aquilo que é compatível com o seu ponto de vista (Sampson e Clark, 2008) é necessário promover entre os alunos a discussão sobre os resultados obtidos. De facto, neste grupo,

a discussão sobre os resultados, promovida e orientada pela professora, veio a ter um papel decisivo.

Pelo contrário, os alunos do grupo GAT5, imediatamente após a realização da actividade sobre emissão, passaram a apresentar um ponto de vista correcto e parecem não ter sentido qualquer necessidade de discutir os resultados das actividades. Poderá tratar-se de um caso em que os alunos estavam seguros da sua interpretação e, talvez por possuírem uma perspectiva empirista ingénua (Millard, 1998) e desconhecerem que as teorias têm um papel na avaliação e interpretação dos resultados, pensaram que as conclusões emergem directamente da análise dos dados. Sendo assim, não sentiram qualquer necessidade de os discutir nem de procurarem a informação teórica adequada à sua explicação, ou de os explicarem com base nos conhecimentos teóricos já adquiridos. Tendo em conta que os resultados contrariaram a previsão formulada (“Como o corpo negro tem factor de emissividade maior a sua temperatura vai diminuir mais rapidamente, o corpo branco vai ser o segundo e o polido vai ser o 3º, vai arrefecer mais lentamente”), o mais natural seria que tivesse surgido alguma discussão. Mas, imediatamente após a realização das actividades passaram a admitir o comportamento idêntico dos corpos preto e branco e este ponto de vista correcto manteve-se. No entanto, o grau de profundidade com que compreenderam a emissão não se mostrou muito grande, pois, mais tarde, quando discutiram as questões de relacionamento, afirmaram que o corpo polido não absorve e também não emite, como se pode constatar no diálogo que, a seguir, se transcreve:

M e R - Claro que está relacionado

M – Tudo o que absorve emite, quando não absorve não emite

R – O polido não absorve e também não emite

M – Escreve o que está em cima na ficha: A capacidade de absorver radiação IV está relacionada com a capacidade de este emitir IV

M' – Emitir a mesma radiação - pode ser?

M – Sim. Tudo o que absorve emite, é esta ideia não é?

R – Quanto maior for o factor de absorção maior o factor de emissão e vice-versa se for menor é menor.

M e R – No caso do corpo negro toda a radiação que absorve é também emitida

R – Enquanto que no corpo polido como a energia é reflectida não há absorção nem emissão

R – Senhora Dr. venha cá!

M – No polido estamos a dizer que se não é absorvida também não é emitida, estamos a relacionar os dois factos

Prof. – Não podemos dizer, que não há emissão porque há. Se não, não arrefecia.

R – É menor

Prof. – Sim é menor

R – Se não, mantinha-se constante

Nesta sequência de intervenções, que teve lugar durante as actividades de relacionamento, as explicações apresentadas são superficiais. Na verdade, quando o aluno R refere o factor de absorção e o factor de emissão e quando afirma “enquanto que no corpo polido como a energia é reflectida não há absorção nem emissão”, não mostra uma compreensão profunda do que se passou, parecendo esquecer que a energia emitida pode não ter sido recebida através de radiação. Possivelmente o aluno não tinha compreendido que as latas receberam energia por contacto com a água que se encontrava a temperatura mais elevada, colocada dentro delas, e depois emitiram, mais ou menos, conforme a sua capacidade de absorver a radiação IV. Na verdade, os alunos não fizeram qualquer referência ao facto de todos os corpos estarem inicialmente a uma mesma temperatura, superior à do ambiente. No diálogo, a professora também não fez lembrar as condições iniciais de igual temperatura; apenas fez uma objecção à leitura dos dados ao afirmar: “Não podemos dizer que não há emissão”, mas simultaneamente também deu a resposta: “Emite porque se não, não arrefecia”. O facto de a resposta não ter sido dada pelos alunos e a pouca profundidade com que analisaram os resultados obtidos, durante a discussão nas questões de relacionamento, poderão estar relacionados com o facto de, logo após a actividade, terem feito uma rápida passagem dos resultados para uma conclusão concordante com o conhecimento escolar.

O grupo GAT9, quando apresentou as previsões, admitiu que o comportamento de todos os três corpos seria igual pelo facto de serem constituídos pelo mesmo material. Sendo assim, embora incorrectamente justificada, a previsão sobre os corpos branco e preto não precisou de ser repensada. Mas, a previsão sobre os corpos branco e polido (“A nossa previsão é que o comportamento do corpo pintado de branco e do corpo com a superfície exterior polida vai ser o mesmo pois o material vai ser o mesmo nestas situações, logo a emissividade também é a mesma”) deveria ser repensada após a actividade laboratorial. No entanto, no registo da ficha de trabalho, os alunos deste grupo de trabalho afirmaram a correcção do resultado obtido, o que indica que se aperceberam de alguma deficiência na concretização da actividade. De facto, os valores que registaram na sua ficha de trabalho indicam que o polido terá arrefecido mais do que o branco e é possível que tenham confrontado o seu resultado com os resultados obtidos por outros grupos, apercebendo-se da existência da referida deficiência na concretização da actividade. Dado que não referem qualquer repetição da actividade laboratorial relativa à emissão pelos corpos branco e polido, a alteração do ponto de vista dos alunos deste grupo não deverá estar relacionada com a discussão sobre os resultados obtidos, por eles próprios, mas com a discussão sobre os resultados obtidos por outros grupos. Quando voltaram a debater o assunto, nas questões de relacionamento,

apresentaram um ponto de vista correcto sobre o comportamento idêntico dos corpos branco e preto que afirmaram ser diferente do comportamento do corpo polido, como se pode constatar na sequência de intervenções que seguidamente se transcreve:

R1 - Ambos absorveram bem IV e emitiram bem IV, só o polido é que não.

Prof. - O preto e o branco no aquecedor que temperaturas atingiram? Foi igual ou foi diferente?

R1 - No aquecedor foi idêntico com o polido é que não

R2 - Foi idêntico

Prof. - Foi idêntica quer dizer se absorveram bem IV também emitiram bem.

R1 - Então é, está relacionado

Prof. - E o polido arrefeceu mal.

R1 - Está relacionado

Neste diálogo com a professora, que teve lugar durante a discussão sobre as questões de relacionamento, o aluno R1 insistiu no comportamento diferente do corpo polido face aos outros dois corpos (preto e branco), mostrando que a discussão sobre os resultados foi eficaz e que a ideia apresentada na previsão foi definitivamente posta de lado.

b) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar só foram corrigidos depois da discussão nas questões de relacionamento

O que se passou nos grupos GAT2 e GAT6, no que diz respeito à emissão dos corpos branco e preto, enquadra-se neste tipo de percurso evolutivo. Neste caso, a discussão que teve lugar durante e imediatamente após a actividade não se mostrou eficaz, uma vez que os pontos de vista iniciais incorrectos se mantiveram. No entanto, já não aconteceu o mesmo com as respostas às questões de relacionamento, visto que, nestas deixaram de se manifestar os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar.

No grupo GAT2, a ineficácia da discussão que teve lugar após a actividade sobre a emissão parece ter sido decorrente da atitude dominante de uma das alunas do grupo que perfilhava ideias não compatíveis com o conhecimento escolar. Esta atitude não se tinha manifestado durante a actividade sobre a absorção nem se manifestou, posteriormente, durante as questões de relacionamento. Talvez por isso, no caso das últimas, os pontos de vista do grupo se tenham mostrado concordantes com o conhecimento escolar.

Efectivamente, com base no ponto de vista que supunham válido e segundo o qual o corpo que mais absorve é o que mais retém e menos emite, o grupo GAT2 aceitou a previsão, efectuada

pela referida aluna, de que a lata preta iria emitir menos que a branca. Esta aluna conseguiu impor o seu ponto de vista apesar de não saber o significado de “radiar energia”, como ela própria reconheceu quando afirmou: “M - Fala de energia radiada, e eu não sei se é quando a água fica mais fria ou quando fica mais quente”. A mesma aluna também comparou o comportamento da lata preta com os painéis solares e, depois, as latas polidas por dentro com garrafas termos, sem que o grupo tenha questionado essas comparações. Quer a previsão apresentada por esta aluna quer o ponto de vista contrário de um outro aluno (R), ambos estavam em discordância com o conhecimento escolar e com o comportamento idêntico das latas branca e preta que antes tinha sido aceite para a absorção da radiação IV. No entanto, pode considerar-se que o aluno estava a ver a questão com mais clareza do que a colega, visto que, de facto, existe uma pequena diferença devida a um arrefecimento ligeiramente mais rápido da lata preta, que o aluno admitiu que iria ficar mais fria, como se pode constatar na sequência de intervenções que seguidamente se apresenta:

M2 – Eu acho que a água no preto vai-se manter mais quente.

M – Porque é que os painéis solares são pretos? Se vai absorver de fora, têm cá dentro e com os espelhos a energia vai ser toda para dentro.

R – Acho exactamente o contrário. O preto fica mais frio. Temos aqui o copo a água está cá dentro.

M – Imagina vem aqui os raios se fosse branco reflectia logo, vão dois raios só é reflectido um, um ... fica cá dentro a energia, depois de cá dentro, tem os espelhos, e fica sempre cá dentro.

R – Só que estamos a falar de coisas diferentes.

M – Espera aí. Com o branco a energia vai ser muito mais reflectida, só a radiação IV é que vai entrar.

M2– Acho que quanto mais eles captam energia mais eles tem

R – Só que estamos a falar de coisas diferentes. A energia que vem de dentro e vai para fora, não é a que vem de fora e vai para dentro. Então eu acho que se a água está quente, num corpo preto, a lata vai absorver mais.

Na fundamentação que tentou apresentar, embora se tivesse enganado ao afirmar que a lata preta recebeu mais energia da água, o aluno R procurou distinguir a energia que entra e a energia que sai, quando afirmou “R - A energia que vem de dentro e vai para fora, não é a que vem de fora e vai para dentro. Então eu acho que se a água está quente, num corpo preto, a lata vai absorver mais”. Deste modo, tentou contribuir para clarificar a dúvida apresentada, anteriormente, pela colega que não conhecia o termo “radiar”. Contudo, a discussão foi dominada pela aluna M que, por ser muito interveniente, não permitiu que as ideias do colega fossem exploradas e contribuíssem para a evolução dos pontos de vista do grupo. Assim, pode considerar-se que existe uma situação em que um aluno, por influência do grupo, abandona uma ideia mais próxima do ponto de vista científico em favor de uma ideia não aceitável. Aparentemente, acabou por se gerar um consenso como se pode constatar no diálogo seguinte:

M2 - Então o branco é o que vai radiar mais?

M - Não o polido é que vai radiar mais.

M2 - Mas só estamos a fazer branco e o preto, por isso é que disse o branco.

M - vamos escrever

M - O branco vai radiar mais que o corpo negro.

R - Então o preto vai ficar mais quente é?

M - Não, vai radiar, vai libertar mais energia.

R - está bem.

Contudo, trata-se de um consenso aparente porque as duas últimas afirmações da aluna M são contraditórias, visto que primeiro afirma que “o branco vai radiar mais que o corpo negro” e, a seguir, respondendo ao colega, afirma que o preto “vai libertar mais energia”. Apesar de confusa, esta aluna conseguiu impor-se e a sua posição inicial foi assumida pelo grupo, visto que, no registo da ficha de trabalho apresentam a previsão de que o branco vai radiar mais do que o negro e o polido mais que o branco. Assim, no consenso de grupo ficou abafado o ponto de vista do aluno que mostrou uma linha de raciocínio mais coerente, visto que defendeu o seu ponto de vista, sem se contradizer, desde o início da discussão. Depois de concretizada a actividade sobre a emissão, no registo da ficha de trabalho, ainda não reconheceram a proximidade de comportamento das latas branca e preta, embora já tenham reconhecido que o polido radiou menos energia que o branco. Com base no que se passou durante esta discussão pode concluir-se que a mesma não foi eficaz devido à posição preponderante da aluna M. Este facto leva a reflectir sobre os riscos de um debate em que alguns alunos conseguem impor ideias não aceitáveis do ponto de vista científico. Nestas situações o professor(a) tem um papel fulcral, pois, sem tomar posições autoritárias, tem de assumir que tem autoridade (Mortimer & Scott, 2003) apresentar as razões pelas quais determinados pontos de vista não são adequados (Jiménez-Aleixandre, 2007), de modo a ajudar os alunos a reconstruir o seu pensamento sobre o mundo.

No entanto, nas questões de relacionamento, embora algumas das respostas deste grupo estejam incompletas, os pontos de vista incorrectos deixaram de se manifestar. Dado que não existe registo áudio relativo a discussão deste grupo de trabalho sobre as questões de relacionamento, não podem ser identificadas as causas dessa alteração/correção. Contudo, parece que a ausência de pontos de vista incorrectos poderá estar associada às discussões em toda a turma, nas quais a posição preponderante da aluna não terá tido oportunidade de se impor e que terão sido mais eficazes do que as discussões em grupo de trabalho.

No grupo GAT6, a concretização da actividade laboratorial relativa à emissão não contribuiu para que reconhecessem a proximidade dos comportamentos dos corpos branco e preto. Apesar de anteriormente terem aceite, na absorção, o comportamento idêntico dos corpos preto e branco, apresentaram consensualmente a previsão de que o corpo preto iria radiar mais do que o branco. Durante o período em que discutiram sobre a absorção, já se tinham mostrado confusos e manifestado alguma discordância sobre a emissão, como mostra a transcrição das intervenções seguintes:

M – Sim. Podem absorver os dois mas um pode ser melhor emissor que o outro

M' - Mas nós não estamos a estudar emissão

M - Oh Ana! Repara se um absorve mais e emite mais. Imagina: dois corpos que têm emissividade diferente, absorvem os dois o mesmo [...] Imagina: dois corpos absorvem o mesmo mas um emite mais que o outro é lógico que a temperatura vai ser mais baixa do que a do que emite menos.

M' - Eu não acho. Não tem lógica porque são dois corpos iguais

No entanto, quando voltaram a debater o assunto, nas actividades de relacionamento, alteraram o seu ponto de vista. O facto de, após a actividade laboratorial, terem mantido o seu ponto de vista e só o terem conseguido corrigir quando voltaram a debater o assunto nas actividades de relacionamento mostra que a insistência na discussão, neste caso, contribuiu decisivamente para que fosse assumido um ponto de vista correcto, como se pode constatar no fragmento de diálogo entre duas das alunas:

M' - Eu acho que sim. Se compararmos o comportamento do preto e do branco em relação à IV é igual, e, contudo, o branco não absorve a radiação visível

M - Ou seja, a quantidade que absorve de energia IV é a mesma que emite. Apesar de não ser um bom absorvedor da radiação visível é um bom emissor da radiação IV.

A aluna M' passou a admitir a existência de um relacionamento entre a capacidade de um corpo absorver a radiação e a capacidade de emitir a mesma, quando afirmou “Eu acho que sim”. Esta aluna que, por várias vezes, tinha afirmado as suas dificuldades, reconheceu o comportamento idêntico dos dois corpos face à radiação IV, passando a tentar explicar o que antes não conseguia. A forma como decorreu o percurso evolutivo deste grupo reforça a ideia de que as actividades de reflexão e discussão, durante e após as actividades laboratoriais, em particular quando é realizado um conjunto de actividades relacionadas entre si, podem contribuir para que sejam alcançados pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar.

c) Os pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar manifestados na fase inicial mantiveram-se nas questões de relacionamento

Nos grupos que apresentaram previsões concordantes com o conhecimento escolar e as viram confirmadas, de um modo geral, não se verificou a existência de muita discussão. Está neste caso o grupo GAT5 que apresentou previsões compatíveis com o conhecimento escolar relativamente à absorção da radiação IV, em ambas as comparações, bem como relativamente à emissão pelas latas branca e polida. As previsões não foram precedidas de muita discussão e, após a actividade, o grupo considerou que estavam confirmadas, tendo apresentado uma explicação superficial. Relativamente à absorção da radiação IV, os alunos deste grupo mostraram-se concordantes entre eles logo na fase de previsão, como se constata nas intervenções dos alunos que seguidamente se transcrevem.

M – Como se trata de radiação IV tanto o corpo branco como o preto vão absorver toda a radiação

R – A temperatura vai ser igual para os dois

M – O corpo polido também reflecte a radiação IV temperatura do corpo polido vai ser inferior à do corpo branco

Relativamente à emissão da radiação IV pelos corpos branco e polido, o grupo aceitou, também, o ponto de vista da aluna M que afirmou: “A temperatura do branco vai diminuir mais rapidamente que o polido”. Esta afirmação foi registada na ficha de trabalho e justificada dizer: “O corpo polido para além de reflectir a radiação visível também reflecte a radiação IV, a quantidade de energia absorvida é menor e quando menor for esta menor é a capacidade de emitir, assim o corpo branco tem emissividade superior à do polido”. Nas respostas às questões de relacionamento reafirmaram, no registo da ficha de trabalho, o mesmo ponto de vista. Contudo, isto não implica que a compreensão do que se passou com o corpo polido estivesse profundamente compreendida por todos os elementos do grupo. Na verdade, como já foi referido a propósito da evolução deste grupo acerca da emissão dos corpos branco e preto, na discussão que teve lugar durante as questões de relacionamento antes de procederem ao registo do consenso de grupo um dos alunos referiu-se ao corpo polido de um modo pouco rigoroso, afirmando: “Enquanto que no corpo polido, como a energia é reflectida, não há absorção nem emissão”. Afirmação que aluno veio a corrigir, posteriormente, na sequência de uma objecção colocada pela professora, como será explicitado na análise das práticas argumentativas do grupo AT, no ponto 4.4.1.2.

d) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar continuaram a manter-se nas questões de relacionamento

Constatou-se a existência de grupos (ex: GAT4 e GAT8) em que os pontos de vista incorrectos continuaram a manifestar-se, pelo menos, em parte das respostas às questões de relacionamento. Nestes casos a discussão durante as questões propostas para relacionarem as várias actividades parece não ter contribuído muito para a evolução dos pontos de vista dos alunos. Este tipo de percurso pode ser ilustrado com o que se passou no grupo GAT4, com a intervenção da professora.

Um dos alunos tinha apresentado a previsão de que a lata preta iria arrefecer mais lentamente do que a branca, por ter associado a maior capacidade de absorver com a maior tendência para reter a energia. Este aluno mostrou-se bastante convicto deste ponto de vista, que afirmou sucessivamente sem que a professora o conseguisse demover, como se pode constatar na transcrição do diálogo que precedeu a actividade sobre o arrefecimento das latas preta e branca e que seguidamente é apresentado:

R – Ambos aqueceram e agora estão a arrefecer os dois. Eu acho que o negro vai arrefecer mais lentamente.

Prof.– O negro?

R – Porque ele tem capacidade de absorver mais

Prof.– Mas ele agora não está a absorver nada. Estão todos à mesma temperatura e se não estamos a continuar a fornecer energia vai haver uma perda de energia dos corpos, dos três corpos. Comparando o negro com o branco, só em termos de arrefecimento, o que é que vai acontecer?

R – Acho que o negro arrefece mais lentamente.

Prof. – Porquê?

R – Porque absorve?

Prof. – Agora ele não está a absorver nada, não está a receber nada!

R – Acho que há uma relação, se absorve mais vai reter mais

Prof. – Vai reter mais? O que é isso de reter?

R – Vai conservar mais a energia contida dentro dele

Prof. – É uma opinião. E a Ana o que é que diz?

M – O corpo negro vai ...

R - O negro vai arrefecer mais lentamente.

Nas primeiras intervenções, o aluno justificou a sua previsão com base na ideia incorrecta de que “o corpo que mais absorve é o que mais retém na emissão”. Tratando-se de alguém que ainda não era detentor do conhecimento escolar sobre a emissão, entendeu tomar essa ideia como teoria explicativa e apresentou uma conclusão coerente com essa teoria. Sendo assim, pode considerar-se que o aluno argumentou correctamente com base nos seus pressupostos. Seguiram-se objecções e

apelos aos dados da observação por parte da professora, mas esses apelos não ajudaram o aluno a questionar-se sobre a sua conclusão. O aluno continuou a insistir no seu ponto de vista e esta insistência, de algum modo, significa que estava consciente de que o seu raciocínio era correcto à luz dos seus pressupostos. Estes teriam que ser postos em causa para abalar a convicção do aluno na justificação incorrecta que contrariava conclusões anteriormente aceites sobre a absorção. Poderia ter sido conveniente, logo que o aluno referiu a melhor absorção pela lata preta, fazer lembrar o comportamento idêntico das duas latas que, possivelmente, ainda não estava perfeitamente interiorizado por nenhum dos alunos. Contudo, a professora apenas salientou as condições iniciais em que estava a ser realizada a actividade, lembrando que as latas estavam rigorosamente à mesma temperatura. Nem a professora nem os alunos fizeram apelo a uma análise do resultado da actividade pelo que o aluno continuou a insistir no seu ponto de vista, como se pode constatar na continuação das intervenções:

Prof. – O problema é que ele não absorveu mais, é que ele está rigorosamente à mesma temperatura do branco

R – Eu não estou a dizer isso, só fiz uma comparação não digo que absorveu mais

M – Continuo a achar que o branco vai arrefecer mais lentamente do que o preto

Prof. – São duas opiniões diferentes. E a outra colega?

M' – Acho que o negro vai arrefecer mais lentamente

Prof. – Justifica. Porquê? É baseado em quê? Comparem a capacidade do preto e do branco, no que respeita à absorção e à emissão de energia.

M – O preto absorve mais

Prof. – Absorve mais quê?

M – Energia.

Prof. – Que energia?

M – Calor.

Prof. – Estamos a falar de calor?

R – Mais radiação.

Prof. – Todo o tipo de radiação?

R – O preto, sim.

Prof. - E o branco?

R – Não.

Prof. – Qual é a radiação que um corpo quente emite?

R – É a infra-vermelha.

Prof. – Entre o branco e o preto quem é que emite mais radiação IV? Estão a arrefecer estão a perder energia.

Ao fazer apelo a ideias que ainda não eram conhecidas dos alunos, tais como as ideias sobre a emissão, e também a ideias sobre a absorção, que não estavam interiorizadas, a professora não conseguiu fazer avançar o debate, tendo sido solicitada por outro grupo. Neste tipo de situação, talvez fosse necessário passar à concretização da actividade sobre a emissão e promover o debate sobre os resultados obtidos, para ajudar o aluno a abandonar o seu ponto de vista a favor de uma

interpretação correcta. Posteriormente, este aluno abandonou o seu ponto de vista num momento em que comparou a situação em causa com outra situação de que se lembrou e na qual intervinha um urso branco e um urso negro. Nesta comparação não terá tido em conta que na situação em análise não estava em causa a radiação solar mas apenas a radiação IV. Talvez por isso, nesse momento aceitou o ponto de vista incorrecto das colegas que afirmavam que o branco iria arrefecer mais lentamente e foi esta previsão que registaram na ficha de trabalho.

Após a actividade o grupo considerou que o resultado foi inconclusivo, a actividade não foi repetida e não houve discussão dos resultados. Assim, em parte das questões de relacionamento, ainda mantiveram um ponto de vista não aceitável sobre a emissão, quando afirmaram em resposta à questão 4.2, que o corpo branco “consegue absorver radiação IV mas também consegue retê-la, enquanto que ao ser o corpo negro um absorvedor universal, vai absorver a radiação IV, mas também vai emitir essa radiação”.

A forma como decorreu a discussão no grupo GAT4 mostra que a discussão não foi suficientemente eficaz para uma clarificação das ideias dos alunos por ter contado com pouco apoio da professora. A função orientadora tem que ser desempenhada pelo professor(a), especialmente quando os alunos não são capazes de levar a discussão a bom termo.

e) O grupo regressou apresentando pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar nas actividades de relacionamento

As situações em que, com as questões de relacionamento, foi detectada regressão ocorreram apenas nos grupos GAT3 e GAT7. Nestes grupos, os pontos de vista incorrectos sobre a emissão da radiação IV, inicialmente manifestados na comparação entre os corpos branco e preto, depois de terem sido corrigidos após a realização das actividades laboratoriais, reapareceram nas questões de relacionamento. Nos mesmos grupos os pontos de vista correctos sobre a absorção, inicialmente manifestados na comparação entre o corpo branco e o preto e reafirmados após a actividade laboratorial, deixaram de se manifestar nas questões de relacionamento.

A análise mostrou que, em ambos os grupos, os debates realizados não conduziram a um entendimento suficientemente claro e profundo dos consensos obtidos e é possível que isto esteja na base das regressões. Este tipo de situação vai ser exemplificado com o que se passou no grupo GAT3, quer para a absorção quer para a emissão. Na verdade, e como mostra a sequência de

intervenções que seguidamente se apresenta, durante a construção do consenso, quer as objecções, quer as conclusões foram insuficientemente fundamentadas:

R – A minha opinião é que o branco reflecte a luz visível. Por outro lado, tanto o preto como branco vão absorver toda a radiação IV, por isso, na minha opinião o corpo branco vai ter uma temperatura maior.

R' – Não concordo, acho que o corpo negro vai ter uma temperatura maior pois vai absorver mais radiação

R'' – Eu estou de acordo com o R'

R – Não concordo com vocês os dois. Tanto o branco como o preto absorvem a radiação IV.

R' – Mas o corpo negro absorve mais em todas as radiações.

R – Acho que o branco vai ter uma temperatura maior. Mas, se pensar melhor, posso concordar com o R''. Porque é verdade que tanto branco como preto absorvem a radiação IV mas só o branco reflecte a radiação visível. Por outro lado, podemos dizer que o corpo polido só irá reflectir a radiação IV. Em consequência a temperatura do corpo branco e do preto vão ser iguais e a do corpo polido vai ser menor, visto que o corpo polido vai reflectir essa radiação.

R'' – Já estamos de acordo.

A análise desta sequência de intervenções permite constatar que foram apresentadas, inicialmente, duas previsões acerca da absorção da radiação IV, ambas não aceitáveis segundo o conhecimento escolar. Em uma delas, o aluno R refere o facto de o corpo branco reflectir a radiação visível e mostra já saber que ambos os corpos, branco e preto, absorvem a radiação IV. Apesar disso, de modo incongruente com esse conhecimento, defendeu que o corpo branco iria atingir temperatura mais elevada. Posteriormente, ao dar conta dessa incongruência, passou a defender um ponto de vista concordante com o conhecimento escolar. A outra previsão foi defendida por dois alunos (R' e R'') que, com as suas objecções, levaram o aluno R a reconsiderar e dar conta que as razões que tinha invocado não eram adequadas para afirmar que a lata branca iria atingir temperatura mais elevada, concluindo, correctamente, que as temperaturas iriam ser iguais para as latas branca e preta. Dado que esta conclusão foi aceite pelo grupo e registada na ficha, pode concluir-se que foi através do debate que o grupo chegou à aceitação consensual de um ponto de vista correcto. No entanto, tendo em conta que o consenso foi gerado na sequência de um período confuso, será de admitir que, apesar de ter contribuído para a aceitação do ponto de vista correcto, o debate possa não ter sido suficientemente eficaz para promover uma compreensão clara e profunda do comportamento idêntico das latas, preta e branca, relativamente à absorção da radiação IV. De facto, a ideia de que a lata preta absorve melhor a radiação IV voltou a surgir, quando, relativamente à emissão, o grupo aceitou o ponto de vista de um aluno que fez a seguinte previsão: “Penso que o negro vai emitir mais e mais rapidamente pois está a uma temperatura mais elevada que a do corpo branco, e como é melhor emissor e absorvedor vai emitir de forma mais eficaz

essa radiação”. No registo na ficha de trabalho afirmam o seguinte: “Devido ao corpo negro estar a uma temperatura mais elevada vai emitir mais radiação para o meio ambiente e mais rapidamente vai atingir o equilíbrio térmico, este processo dá-se devido ao corpo negro absorver e emitir de uma forma mais eficaz a radiação”. Ao aceitar que o corpo negro absorve melhor a radiação IV o grupo regrediu, esquecendo o ponto de vista que tinha sido aceite consensualmente.

Também, relativamente à emissão, mais uma vez, se verificou que o grupo começou por evoluir mas depois regrediu. Na verdade, ao aceitarem a ideia da temperatura superior da lata preta, não ponderaram o controlo da temperatura inicial e deram pouca atenção ao modo como procederam, visto que a água utilizada para encher todas as latas estaria, inicialmente, à mesma temperatura. Imediatamente após a concretização da actividade, os alunos evoluíram, admitindo que o corpo negro e o branco têm o comportamento idêntico relativamente à emissão da radiação IV e que corpo polido ficou a uma temperatura mais elevada. Contudo, depois de já terem reconhecido o comportamento idêntico, quer na absorção quer na emissão da radiação IV, quando solicitados a responder às questões de relacionamento afirmaram, durante o debate, que o branco não absorve a radiação IV e tem baixo poder de emissão desta radiação, como mostram as intervenções orais que tiveram lugar durante essas actividades:

- R - Quanto à absorção o corpo negro absorve a IV e o corpo branco não absorve só emite. Não, só ...
- R' - reflecte
- R - O branco reflecte a IV mas não absorve a IV e o corpo negro absorve
- R'' - E com o poder de emissão?
- R' - Como o corpo preto tem boa emissividade vai é emitir
- R - Tem emissividade perto de 1 vai emitir tudo, quanto ao branco a sua emissividade é baixa, não é?
- R' - Sim.
- R - Então podemos dizer assim: Quanto ao poder de absorção da radiação IV o corpo negro absorve toda a radiação IV e o corpo branco reflecte a IV. Quanto ao poder de emissão como o corpo negro tem emissividade muito perto de 1, logo vai emitir quase toda a IV, enquanto o branco como tem emissividade muito baixa vai ter pouca emissão de radiação IV.
- R' - praticamente não emite
- R'' - É isso, é isso!

Esta sequência de intervenções não pode ser considerada uma verdadeira discussão. Trata-se, apenas, de uma tentativa de referir resultados das actividades anteriores que, no entanto, parece que já estavam esquecidos. Nos registos da ficha de trabalho, nas questões 4.1 e 4.3, reafirmam o mesmo que afirmaram oralmente, escrevendo que o branco absorve a radiação visível e reflecte a radiação IV. Se o único elemento de análise fosse este registo poderia pensar-se que se tratava de uma distração no momento em que registaram as conclusões na ficha. No entanto, as afirmações bastante claras que foram feitas durante a discussão relacionada com as questões de

relacionamento, mostram a existência de uma regressão na forma como estas questões foram entendidas pelos elementos deste grupo de trabalho.

É surpreendente que estes alunos tenham voltado a trocar tudo. Na verdade, apesar de se mostrarem interessados nas actividades, parece que se pode concluir, numa apreciação global deste grupo, que as conclusões dos debates anteriores não estavam consolidadas e que a oportunidade de debater associada às actividades de relacionamento se mostrou inútil, embora nas aplicações finais tenham acabado por surgir pontos de vista aceitáveis. O que se passou nas discussões deste grupo mostra que se não forem orientadas no sentido de atingirem a profundidade necessária para a clarificação e consolidação de pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar, estes podem ser adoptados pelos alunos e depois voltar a cair no esquecimento. Por outro lado, quando se promove a discussão entre alunos é necessário criar condições para que os debates, entre alunos, sejam eficazes. Entre estas conta-se a necessidade de o professor desempenhar o papel de questionador que ajuda os alunos a tomarem consciência das fragilidades das suas ideias.

Em síntese, e considerando o conjunto de todos os grupos de trabalho, constata-se que, de um modo geral, os grupos acabaram por associar a maior capacidade de absorção com a maior capacidade de emissão. A ideia, inicialmente presente em alguns grupos de trabalho, segundo a qual os corpos que absorvem mais devem emitir menos, foi posta de lado por se mostrar incompatível com os resultados das actividades e não voltar a manifestar-se nos consensos dos grupos de trabalho.

Na generalidade, nem antes nem depois das actividades e respectivas discussões se pode afirmar que os alunos apresentem uma atitude metacognitiva. De facto, com base no quadro 9, pode afirmar-se que foram registadas poucas ocorrências nos itens que correspondem ao segundo nível cognitivo correspondente a situações em que os alunos se mostram capazes reflectir sobre o seu próprio pensamento.

Constata-se que são poucos os grupos de trabalho em que é prestada a devida atenção às condições iniciais, visto que não é explicitado o facto de, nas actividades realizadas, todas as latas estarem à mesma temperatura inicial. Dado que este facto passa despercebido, grande parte dos alunos considera que se um dos dois corpos emite mais é por ter absorvido mais, e conseqüentemente estar a uma temperatura inicial mais alta.

As ideias prévias tiveram influência, não só nas previsões mas também na interpretação dos resultados, pois, em vários grupos, foi feita uma leitura dos resultados favorável à previsão apresentada. No entanto, em alguns casos, a previsão inicial, incorrecta, foi corrigida durante a

discussão sobre os resultados e, noutros casos, durante a discussão das questões de relacionamento.

No cômputo geral, apenas em quatro grupos de trabalho subsistiram pontos de vista incorrectos nas questões de relacionamento. Tais pontos de vista dizem respeito à comparação entre os corpos branco e preto e foram detectados: na absorção e emissão, em dois grupos (GAT3, GAT7) que, depois de terem apresentado pontos de vista correctos, regrediram; no grupo (GAT8) que manteve o ponto de vista não concordante com o conhecimento escolar apresentado na previsão; e na emissão, no grupo (GAT4) que manteve o ponto de vista incorrecto já antes manifestado. Nos restantes seis grupos de trabalho deste grupo de investigação, os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar implicados nas previsões foram revistas após as actividades e mantiveram-se correctos nas questões de relacionamento.

4.4.1.2 Análise das práticas argumentativas do grupo AT

Para proceder à análise das práticas argumentativas, como já foi referido no ponto 3.9.3, foram consideradas apenas as sequências de intervenções em que existe uma discussão de pontos de vista entre alunos ou entre estes e o professor. Nestas sequências foram identificados os fragmentos que podiam corresponder a argumentos completos e a parcelas de argumentos (argumentos incompletos).

Os resultados da classificação dos argumentos e das parcelas de argumentos identificados, de acordo com as cinco categorias definidas em 3.9.3, estão sintetizados na tabela 20.

Tabela 20

Argumentos e parcelas de argumentos apresentados em cada grupo de trabalho do grupo AT (f)

CATEGORIAS	GAT1	GAT2	GAT3	GAT4	GAT5	GAT6	GAT7	GAT8	GAT9	GAT10	Total
CC-C	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
CC-F	_____	_____	_____	_____	2	_____	_____	_____	_____	_____	2
CC-E	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
IC-F	2	1	_____	_____	2	_____	2	2	1	2	12
IC-E	1	1	4	2	1	3	_____	1	1	1	15
Total	3	2	4	2	5	3	2	3	2	3	29

Uma análise dos dados apresentados nesta tabela sugere que nas discussões de quase todos os grupos se verificou a existência de alguma argumentação, embora com falhas. De facto, os alunos não apresentaram nenhum argumento completo e correcto (CC-C). No único caso (GAT5) em que todos os elementos de um argumento estavam presentes e bem relacionados, o seu conteúdo apresentou-se incompleto (CC-F). Para clarificar o modo como se procedeu para classificar a argumentação deste grupo de investigação, de acordo com as categorias definidas no ponto 3.9.3, vão ser apresentados alguns exemplos.

Na categoria CC-F, tal como foi caracterizada em 3.9.3, são considerados argumentos completos, constituídos por três elementos base, relacionados de modo correcto, mas cujos elementos apresentam conteúdo incompleto e/ou com pequenas incorrecções de linguagem ou confusões que não merecem ser consideradas erros. No grupo GAT5 foram apresentados dois argumentos incluídos nesta categoria. Na sequência de intervenções deste grupo, transcrita no ponto 4.4.1.1, é possível identificar um fragmento em que estão presentes os três elementos base de um argumento correctamente relacionados, conduzindo a uma conclusão correcta, apresentada em conjunto por dois elementos do grupo e que obtém a concordância do terceiro elemento do grupo. No entanto, a fundamentação é superficial e não se apoia nos resultados relativos às actividades anteriores. Apenas é referido o resultado relativo ao corpo polido por um aluno que usa uma linguagem pouco rigorosa. Por estes motivos, o argumento foi classificado na categoria (CC-F). De facto, o aluno que se referiu às actividades anteriores, em vez de dizer que o corpo polido absorveu pouco e emitiu pouco, ou que absorveu e emitiu menos do que os corpos branco e preto, afirmou que o corpo polido não absorveu nem emitiu, como se pode verificar no esquema (figura 12) elaborado com base no modelo de Toulmin (1958).

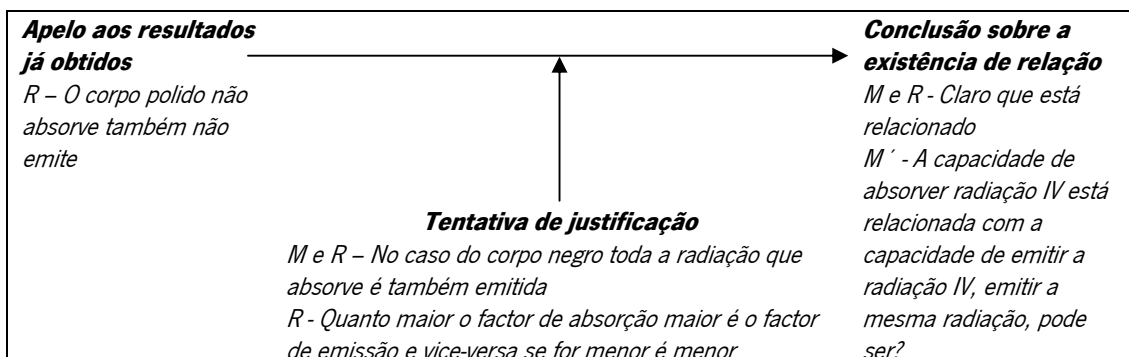


Figura 12 - argumento apresentado pelos alunos do grupo GAT 5 na discussão sobre as questões de relacionamento

Posteriormente, na sequência de uma objecção colocada pela professora, o aluno veio a corrigir a sua interpretação incorrecta. De facto, pode considerar-se que se seguiu a co-construção de um argumento, em que a conclusão do aluno surgiu depois de a professora questionar quer a conclusão apresentada pela aluna M quer a análise que o aluno fez dos resultados das actividades anteriores, como se mostra através da sequência de intervenções representada na figura 13.

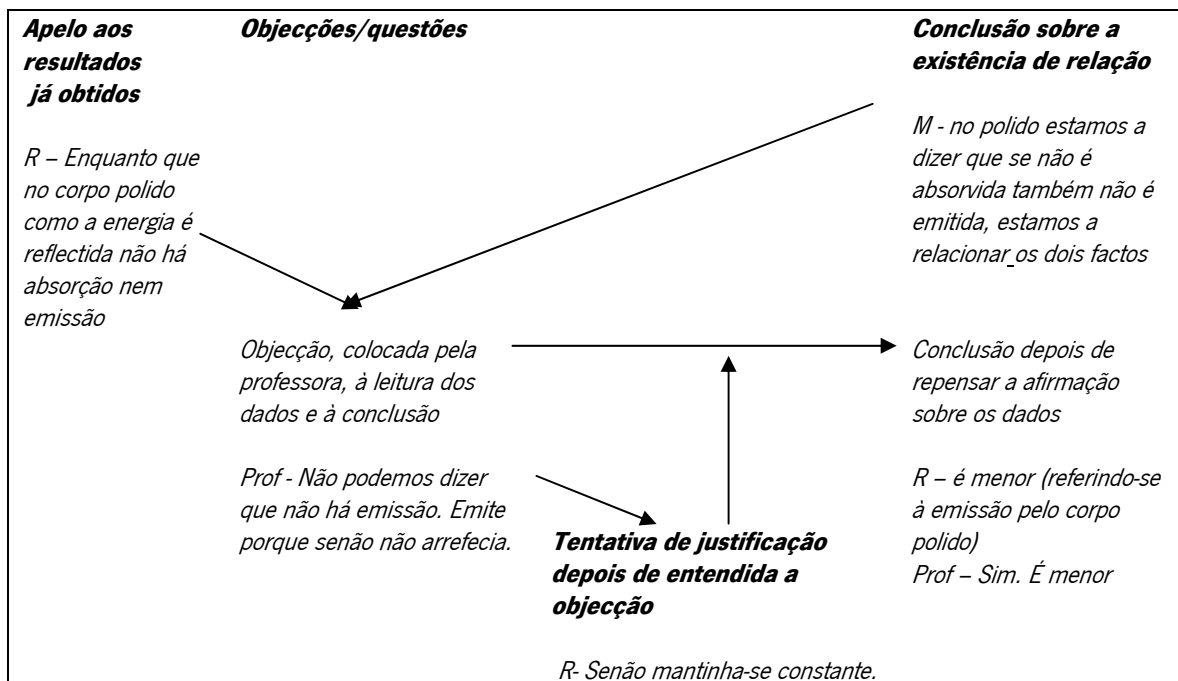


Figura 13 - representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT5 apresentada na discussão sobre as questões de relacionamento

Nesta sequência de intervenções, está incluído o argumento formulado pelo aluno R. Este argumento foi classificado na categoria CC-F, porque apresenta os elementos relacionados de modo correcto, mas com conteúdo que se apresenta incompleto e com falhas, embora tenha sido a professora a fazer a análise correcta dos dados anteriormente obtidos. Na verdade, não é possível ter a certeza se o aluno se estava a referir à inferior capacidade do corpo polido para absorver e emitir ou se pensava que estas não existiam. De qualquer modo, o aluno parece ter entendido a objecção, corrigindo a sua afirmação sobre a emissão do corpo polido, no que foi corroborado pela professora. Todavia, trata-se de um argumento em que o aluno fundamenta a conclusão com uma interpretação que é pouco mais do que uma referência aos dados já referidos pela professora.

Outro dos casos de elaboração de um argumento classificado nesta categoria ocorreu no grupo GAT3, na parte final da elaboração das previsões sobre absorção da radiação IV. Este

argumento foi apresentado por um aluno que fez uma auto-crítica do ponto de vista que tinha, anteriormente, defendido. Quando passou a concordar com a previsão de um dos colegas, mostrou já saber que tanto o corpo branco como o preto absorvem a radiação IV, mas apesar de possuir esta informação, não explicou como é que isso se relaciona com a sua previsão sobre as temperaturas dos corpos como se pode constatar no esquema representado na figura 14.

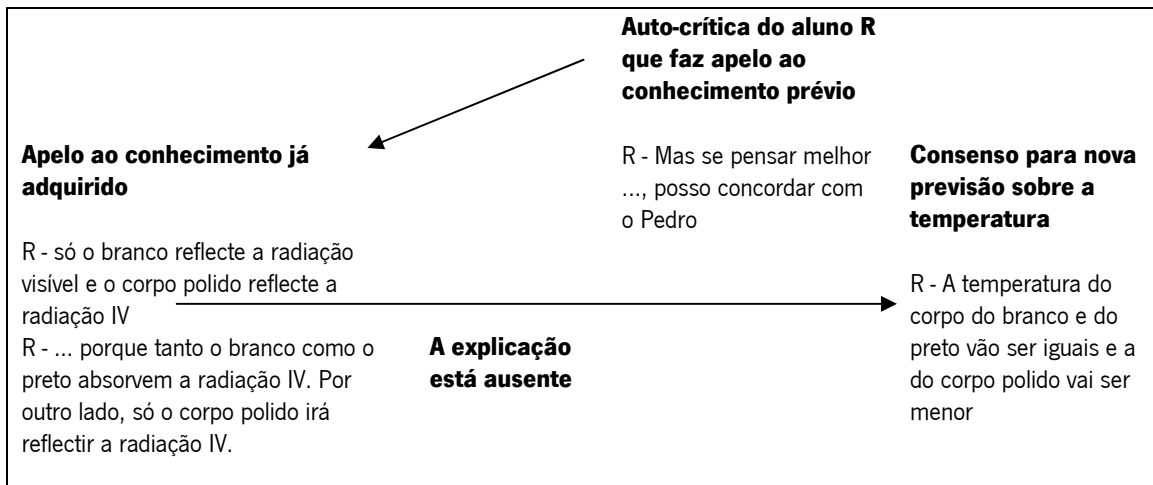


Figura 14 - argumento apresentado por um aluno do grupo GAT3 na elaboração de previsões sobre a absorção da radiação IV

Com base num apelo ao conhecimento já adquirido, o aluno R elaborou uma previsão sobre a igualdade das temperaturas que os dois corpos, preto e branco, iriam atingir e sobre a temperatura inferior do corpo polido, previsão que recebeu a concordância de um colega que afirmou “já estamos de acordo”. O aluno não explicou a passagem do conhecimento já aceite para a conclusão, pois não relacionou a absorção da energia com o aumento de temperatura nem fez qualquer referência ao significado físico de temperatura, apesar da conclusão ser respeitante a esta grandeza. Sendo assim, a conclusão não está devidamente fundamentada e o argumento foi incluído na categoria IC-F. A ausência de fundamentação e a possibilidade de não ter ficado suficientemente consolidado o consenso, sobre o comportamento idêntico das latas branca e preta, poderão ter contribuído para o facto de, posteriormente, como foi referido no ponto anterior 4.4.1.1, este grupo ter voltado a manifestar pontos de vista incorrectos e ter ocorrido uma regressão na forma como estas questões foram entendidas pelos elementos deste grupo.

Também no grupo GAT1 foi apresentado um argumento classificado na categoria (IC-F). Trata-se de um argumento co-construído, que foi elaborado em conjunto pelos três alunos com o auxílio

da professora. Este argumento foi identificado na última parte da sequência de intervenções sobre a emissão, já referida no ponto 4.4.1.1, que está representada na figura 15.

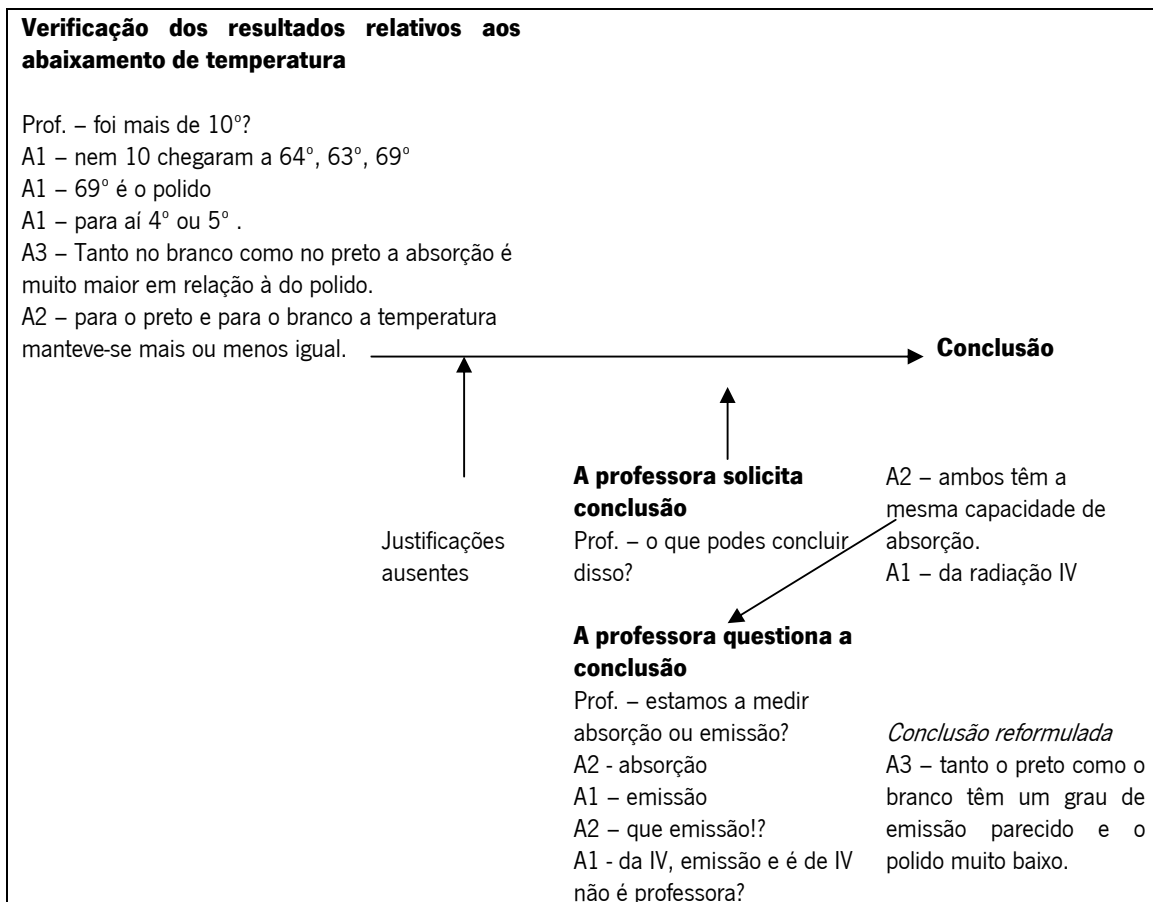


Figura 15 - representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT1 apresentada depois de realizada a actividade sobre a emissão

Os alunos estavam a confundir absorção com emissão e foi preciso a ajuda da professora para, na conclusão final, passarem a falar em emissão. A professora conseguiu que fosse apresentada uma conclusão correcta, mas, dado que não há uma justificação da passagem dos dados para a conclusão, poderá dar-se o caso de esta não ter sido compreendida em profundidade. Na medida em que não se verifica a existência de uma fundamentação mas apenas uma passagem directa dos dados para a conclusão, não se pode considerar que tenha sido elaborado um argumento completo.

Também no grupo GAT8, relativamente à emissão, ocorreu uma sequência de intervenções que permite exemplificar um argumento classificado na categoria IC-F, incluído no fragmento de discussão, que a seguir se representa através do esquema da figura 16.

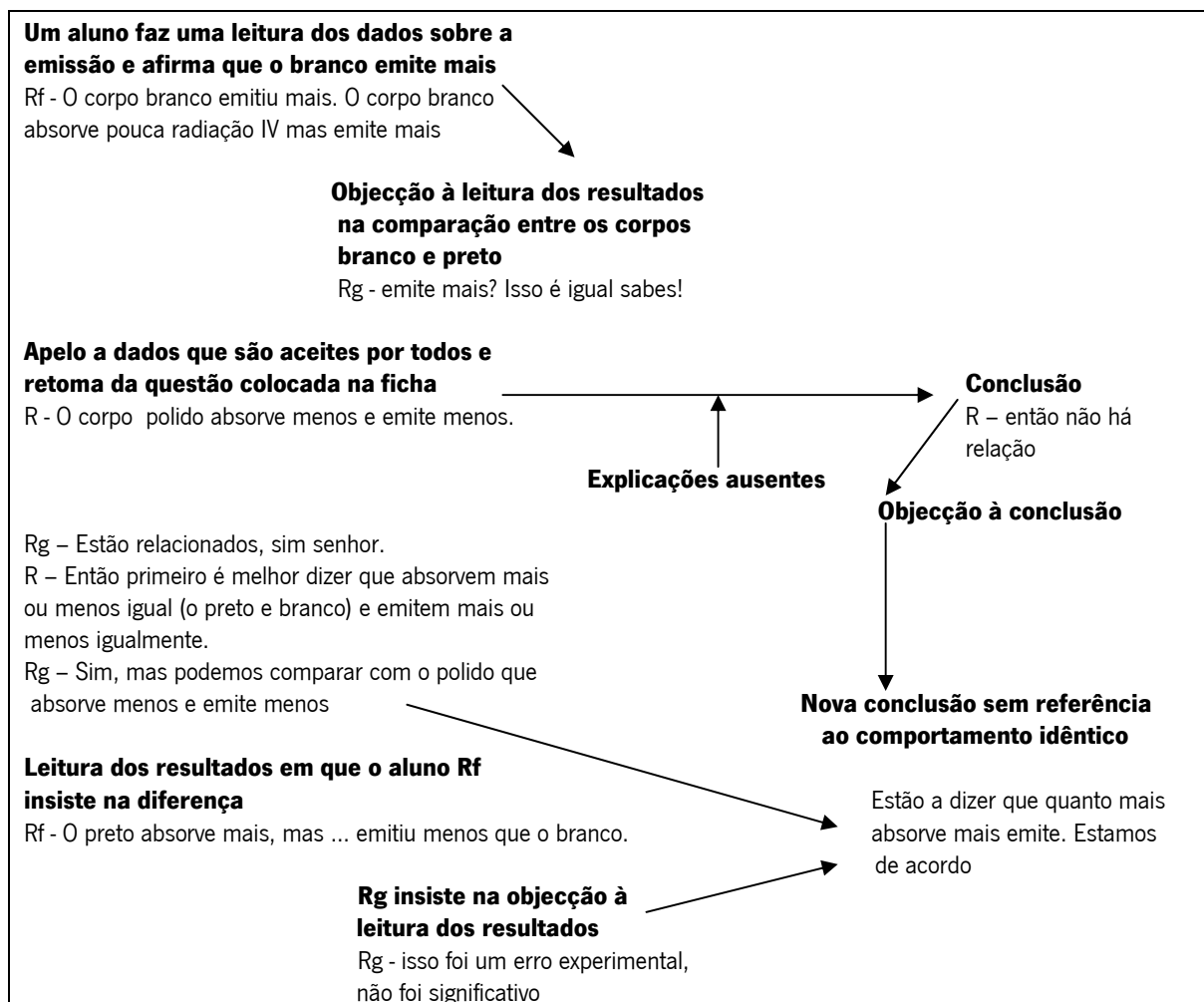


Figura 16 - representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT8 apresentada durante as questões de relacionamento

Dois dos alunos, em conjunto, fazem uma passagem directa, não fundamentada, de uma leitura dos resultados para a conclusão correcta sobre a existência de uma relação entre os resultados obtidos nas actividades. De facto, depois de uma referência aos resultados já obtidos, o aluno Rg apoiou-se numa análise dos mesmos para defender a conclusão correcta. Os dados, em si, não são referidos, mas algumas intervenções deixam supor que estão a observar os gráficos das temperaturas. O aluno Rg contrariou a opinião do colega Rf e conseguiu o apoio parcial do aluno R. Em duas das suas intervenções, o aluno Rg parece chamar a atenção para a proximidade dos valores das temperaturas das latas branca e preta, tendo atribuído a pequena diferença entre esses valores a uma deficiente realização da actividade. Pelo contrário, o aluno Rf sobrevalorizou a pequena diferença entre os dois. Estas intervenções foram consideradas referências aos resultados embora pudessem ser também consideradas interpretações/explicações, visto que os alunos não se

referem propriamente aos dados obtidos, ou seja, às temperaturas, e já têm implícita uma interpretação dos mesmos. De qualquer modo, se fossem classificadas como parte de uma interpretação/explicação, o argumento não poderia ser considerado completo pois, nesse caso, passaria a ter que ser considerada a ausência de referência explícita aos resultados.

No registo escrito da ficha de trabalho, este grupo admitiu ter existido alguma deficiência na actividade, mas a defesa do comportamento idêntico dos corpos branco e preto não foi acompanhada de uma justificação e, possivelmente, não foi compreendida por todos os elementos deste grupo. De facto, ainda foram apresentadas respostas incorrectas em parte das respostas às questões de relacionamento, o que mostra que nem todos os alunos terão compreendido o ponto de vista do aluno Rg. Na verdade, os argumentos da categoria IC-F não indicam um grau profundo de compreensão das questões em causa, pois não apresentam todos os elementos de um argumento, neste caso faltou a fundamentação. Como consta da tabela 20, os argumentos desta categoria foram usados em cinco dos dez grupos de trabalho do grupo de investigação AT.

Na categoria IC-E foram considerados os argumentos incompletos em que falta referência aos dados ou à fundamentação, ou seja, estão presentes apenas dois dos elementos base e a conclusão é incorrecta. Além disso, o conteúdo de um destes elementos apresenta-se incompleto e incorrecto, embora a relação entre ambos esteja bem estabelecida. A argumentação classificada nesta categoria foi identificada em nove dos dez grupos de trabalho, um dos quais é o grupo GAT6. Neste grupo, durante o debate que precedeu as previsões sobre a absorção da radiação IV, por analogia com o que se tinha passado com a luz visível, uma das alunas apresentou uma previsão que não fundamentou, nem mesmo depois da objecção de uma das colegas. Assim, as intervenções da aluna M' constituem um argumento incompleto classificado na categoria IC-E (figura 17).

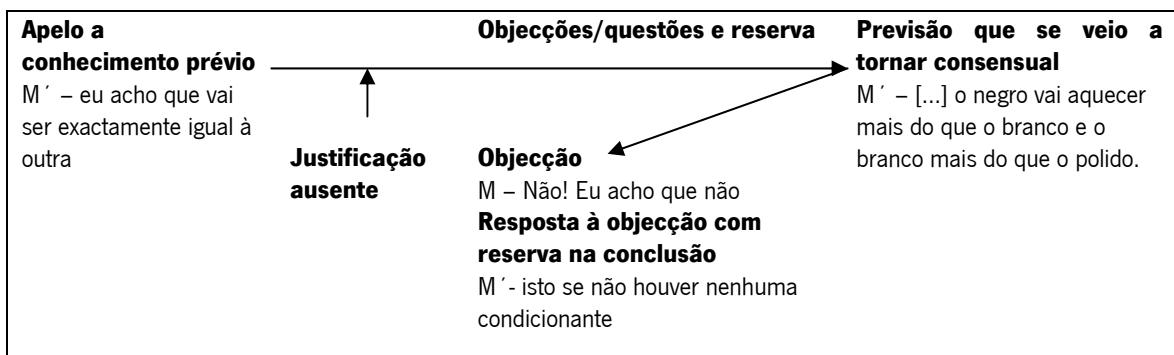


Figura 17 - argumento apresentado por um aluno do grupo GAT6 na elaboração das previsões sobre a absorção da radiação IV

Quando a aluna M' diz "igual à outra", está a referir-se ao que se passou na actividade com a luz visível. A sua previsão apoia-se no pressuposto de que se passará algo de análogo ao que se passou com a luz visível e é coerente com este pressuposto, mas o argumento é incompleto por não ser fundamentado. Apesar da ausência de fundamento, a aluna insistiu na sua previsão, respondeu à questão colocada pela professora e conseguiu a concordância dos colegas.

Na sequência de intervenções que seguidamente é apresentada de modo esquemático (figura 18), figuram a previsão, as tentativas de justificação e as objecções/questions, neste caso colocadas pela professora.

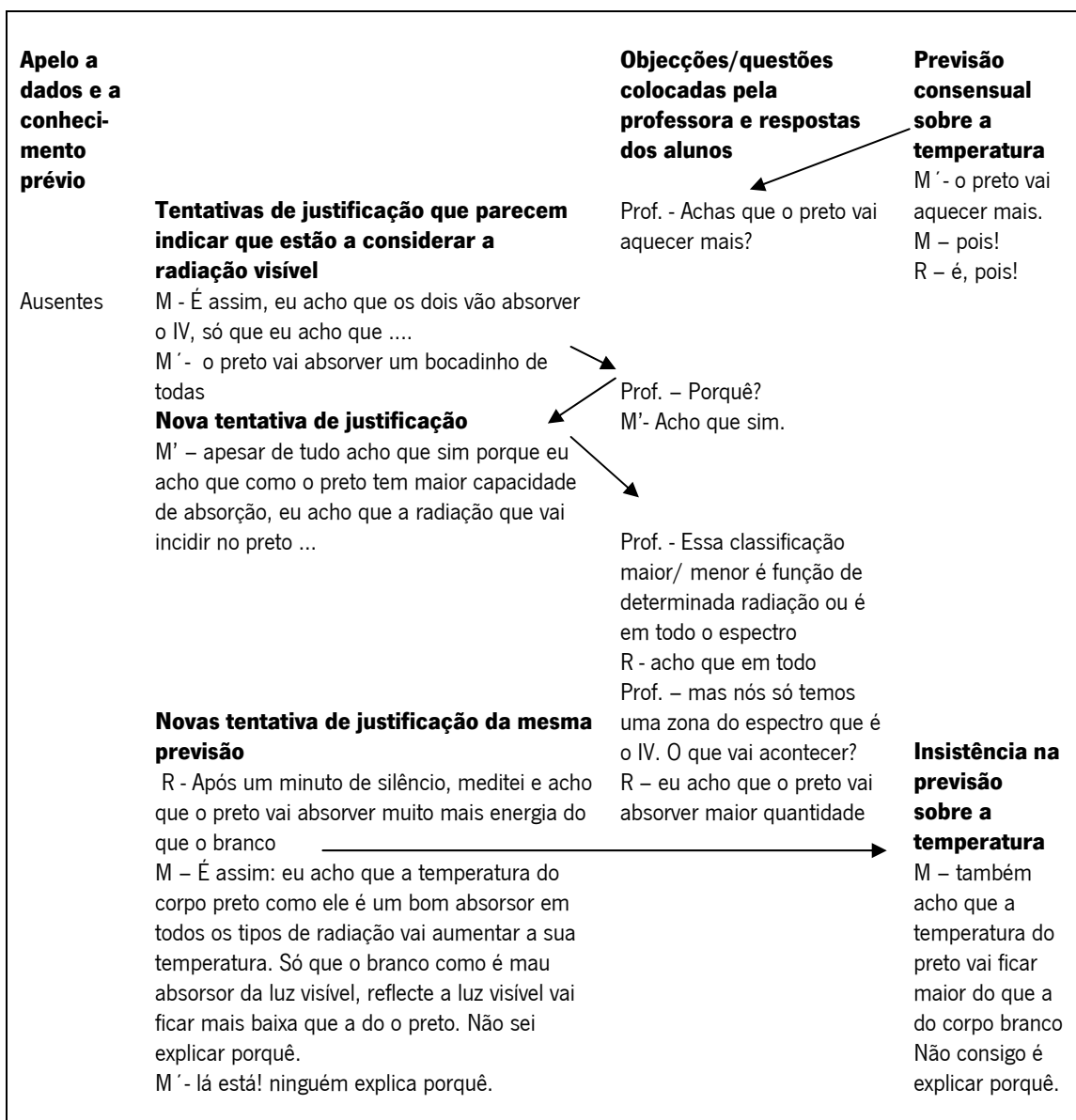


Figura 18 - representação esquemática de uma sequência de intervenções dos alunos do grupo GAT6 apresentada durante a elaboração das previsões sobre a absorção da radiação IV

Apesar da falta de concordância inicial e das objecções da professora, a aluna M' conseguiu que os colegas aceitassem o seu ponto de vista mal fundamentado. De facto, na continuação da discussão e depois do afastamento da professora, também o aluno R tentou defender a mesma previsão, admitindo a maior capacidade de absorção por parte do corpo preto em todo o espectro. Todos se mostraram simultaneamente convictos de um ponto de vista mal fundamentado e conscientes da incapacidade de explicarem esse ponto de vista. A previsão manteve-se consensual durante a etapa do trabalho que precedeu a actividade laboratorial. No entanto, imediatamente depois de realizada a actividade, modificaram o seu ponto de vista, concluindo: "As temperaturas do corpo branco e preto aumentaram do mesmo modo eles absorvem os dois a radiação IV uma vez que o branco só não absorve a visível".

A conclusão apresentada corresponde a uma interpretação correcta, embora superficial, dos resultados obtidos. Assim, após a actividade laboratorial, a previsão foi abandonada passando a ser reconhecido o comportamento idêntico dos corpos preto e branco, na absorção da radiação IV. Neste caso, o resultado obtido na actividade laboratorial foi determinante para a alteração do ponto de vista dos alunos, que ocorreu face aos resultados obtidos sem o acompanhamento de qualquer fundamentação teórica.

Em síntese, na tabela 20 constata-se que a maioria dos argumentos identificados são incompletos e com conclusões não aceitáveis, tendo como referência o conhecimento escolar, ou seja, pertencem à categoria IC-E. Na verdade, num total de 29 argumentos, apenas dois foram classificados na categoria CC-F, 12 foram classificados na categoria IC-F, e os restantes quinze correspondem à categoria IC-E. Este facto não surpreende na medida em que, na sua maioria, foram formulados durante a elaboração das previsões antes de concretizadas as actividades. Após, essa concretização, grande parte dos grupos passou a apresentar conclusões aceitáveis, como consta do quadro 8 incluído no ponto anterior. No entanto, estas novas conclusões/explicações nem sempre foram acompanhadas de discussão e argumentação e nem sempre foram completamente fundamentadas. Em alguns casos, como foi referido, o resultado obtido na actividade laboratorial parece ter sido considerado suficiente pelos alunos que não sentiram necessidade de uma fundamentação teórica, noutros casos os alunos chegaram a um consenso em que se contentaram com uma explicação superficial. Nestes casos seriam necessárias intervenções do professor(a) que suscitasse uma explicação mais detalhada e profunda.

4.4.2 Análise das interações verbais e práticas argumentativas do grupo AS

4.4.2.1 Análise das interações verbais do grupo AS

No quadro 10, para cada grupo de trabalho e para cada um dos itens da grelha de análise (apresentada no ponto 3.9.3) estão registadas as ocorrências detectadas nas intervenções orais e nos consensos registados por escrito, durante a realização das mesmas actividades já consideradas para o grupo de investigação AT. Usando o mesmo modo de proceder que foi usado para o grupo AT, as ocorrências associadas às comparações entre os corpos branco (br) e preto (pr) e entre os corpos branco e polido (pol), estão representadas por 'abs br/pr' e 'abs br/pol', na absorção, e por 'emiss br/pr' e 'emiss br/pol', na emissão.

Quadro 10

Resultados da análise das interações verbais e dos consensos registados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação AS

Nível	Itens	GAS1	GAS2	GAS3	GAS4	GAS5	GAS6	GAS7
1º nível	A1	Abs pr/br emiss br/pr emiss br/pol	abs pr/br * emiss br/pr	abs br/pr emiss br/pol	abs br/pr e emiss pr/br	abs br/pr emiss pr/br emiss br/pol	absor br/pr emiss br/pr	abs br/pr emiss br/pr
	A2	abs br/pr emiss br/pr	_____	Emiss br/pr	_____	_____	_____	_____
	A3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B1	_____	emiss br/p	_____	_____	_____	_____	emiss br/pr
	B2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B3	abs br/pr emiss br/pr (em 4.1 e 4.2)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	C1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	C2	_____	_____	Emiss br/pr	_____	_____	_____	Emiss br/pol
C3	abs br/pol	abs br/pol** emiss br/pol	abs br/pol	abs br/pol. emiss br/pol	abs br/pol	abs br/pol emiss br/pol	abs br/pol emiss br/pol	
2º nível	D1	abs pr/br emiss br/pol	abs pr/br	abs br/pr emiss br/pol	abs br/pr emiss br/pr	abs br/pr emiss br/pr emiss br/pol	abs br/pr emiss br/pr	abs pr/br
	D2	Emiss br/pr (em 4.3 e 4.4)	emiss br/pr	Emiss br/pr	Mantém-se	4.4 confusa	Mantém-se	Emiss br/pr
	D3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	D4	_____	abs pr/br***	_____	_____	_____	_____	_____
	E1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	E2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	E3	abs e emiss	_____	abs e emiss	_____	_____	_____	_____
	E4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	E5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
F1 a F5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	

* Com excepção de um aluno que apresentou uma previsão concordante com o conhecimento escolar.

** Com excepção de um aluno que recusa a previsão e apresenta outra

*** Após debate no registo da ficha aceitam o ponto de vista do aluno cuja previsão era concordante com o conhecimento escolar

Neste quadro é possível constatar que as situações em que não existe, nos grupos de trabalho, qualquer manifestação de uma atitude metacognitiva (1º nível) estão em maioria, e que as situações em que surgem algumas evidências desse tipo de atitude (2º nível) são muito menos frequentes. Pode, também, constatar-se que não há uma distribuição uniforme, das ocorrências pelos diversos itens de análise. Por outro lado, enquanto que para alguns itens de análise (ex.: A3, B4, C1, E1, E2) não existe uma única ocorrência em nenhum grupo de trabalho, para outros itens (ex.: A2, B1, B3, D4, E3) existe uma ou duas ocorrências apenas em alguns grupos de trabalho, e para outros (ex.: A1, C3, D1) existe pelo menos uma ocorrência em todos os grupos de trabalho.

Os itens para os quais não existe uma única ocorrência em nenhum grupo, na sua maioria correspondem ao 2º nível. Com excepção do item E3, para o qual existe uma ocorrência em cada um dos grupos GAS1 e GAS3, não se verificou a existência de ocorrências nos itens E1 a F5.

Relativamente aos itens para os quais existem ocorrências apenas em alguns grupos de trabalho, verifica-se o seguinte (quadro 10):

- Para o item A2, que corresponde a situações em que os grupos apresentam uma interpretação/explicação que se apoia em dados obtidos que não são discutidos nem analisados criticamente, existem ocorrências nos grupos GAS1 e GAS3. No grupo GAS1, os pontos de vista iniciais incorrectos, sobre o comportamento dos corpos preto e branco na absorção e na emissão, após a concretização das actividades e devido a uma análise incorrecta dos dados (item A2), foram alterados mas não para um ponto de vista correcto. No grupo GAS3, tinha sido apresentada uma previsão concordante com o conhecimento escolar, relativa ao comportamento dos corpos branco e preto, na emissão, mas, após a concretização da actividade, devido a uma avaliação incorrecta dos dados (item A2), o grupo passou a contrariar o ponto de vista inicial que era coerente com o conhecimento escolar. Este facto, que ocorreu no grupo GAS3, não foi considerado um caso de regressão (item C1) porque nas actividades seguintes o grupo já apresentou um ponto de vista correcto sobre a emissão;
- Nos grupos GAS2 e GAS7, após a concretização da actividade, os alunos mantiveram os pontos de vista que tinham manifestado nas previsões sobre a emissão dos corpos preto e branco, porque fizeram uma leitura dos dados favorável ao seu ponto de vista (item B1);
- Relativamente ao item C2, respeitante a previsões ou explicações que são concordantes com o conhecimento escolar, existe uma ocorrência no grupo GAS3. Este grupo apresentou,

sobre o comportamento dos corpos branco e preto na emissão, uma previsão não fundamentada mas concordante com o conhecimento escolar. Contudo, após a concretização da actividade, devido a uma análise deficiente dos dados, o grupo passou a contrariar o ponto de vista inicial (item A2);

- Para o item D4, relativo a situações em que uma conjectura coerente com o conhecimento escolar é inicialmente recusada e passa a ser aceite depois de devidamente fundamentada, existe uma ocorrência, no grupo GAS2. Neste grupo, ocorreu uma situação em que um dos alunos, depois de apresentar uma interpretação correcta e fundamentada dos resultados obtidos, conseguiu que os outros aderissem à sua interpretação, pondo de lado outra que tinham defendido (item D4)

Relativamente aos itens para os quais existem ocorrências em todos, ou na maioria, dos grupos de trabalho, verifica-se o seguinte (quadro 10):

- Em todos os grupos, foram apresentadas previsões não concordantes com o conhecimento escolar que, na sua maioria, dizem respeito a comparações entre os corpos branco e preto, sendo apenas três as que dizem respeito a comparações entre os corpos branco e polido. Todas estas previsões são incoerentes com o conhecimento escolar (item A1). As ocorrências respeitantes às previsões sobre a emissão, além de não serem coerentes com o conhecimento escolar, também não estão de acordo com pontos de vista sobre absorção (item A1) que, na actividade anterior, tinham sido aceites como válidos à luz do conhecimento escolar;
- Em todos os grupos de trabalho também foram apresentadas previsões concordantes com o conhecimento escolar acompanhadas de explicações superficiais (item C3). Todas estas previsões dizem respeito à comparação entre o branco e o polido, e ocorreram em todos os grupos, relativamente à absorção, e em três dos grupos, relativamente à emissão;
- Em todos os grupos, após a concretização das actividades e o debate sobre as mesmas, ocorreram alterações dos pontos de vista associados às previsões não concordantes com o conhecimento escolar para pontos de vista correctos que constituem ocorrências relativas ao item D1;
- Em todos os grupos, com excepção do grupo GAS6 que já tinha apresentado pontos de vista correctos, nas respostas às questões de relacionamento ocorreram alterações para pontos de vista correctos (item D2), mas no grupo GAS1 essa alteração foi parcial.

Tal como no caso do grupo AT, a fim de obter mais informação sobre as consequências das interacções dentro dos grupos de trabalho, analisou-se a evolução ocorrida nos mesmos, de acordo com os princípios definidos em 3.9.3.

No quadro 11, para cada uma das quatro actividades e para cada fase do desenvolvimento do trabalho (elaboração de previsões, depois da análise e discussão do resultados obtidos nas actividades, depois da reflexão sobre as questões de relacionamento), estão indicados os resultados alcançados pelos grupos: o ponto de vista apresentado no consenso de grupo é aceite (A), o ponto de vista apresentado no consenso de grupo não é aceite (NA), o grupo não refere qualquer ponto de vista sobre a actividade (NR). Está também indicada a categoria em que foi classificada a evolução que ocorreu entre as várias fases das actividades, desde a fase de previsão até depois das actividades (P/D), entre esta última fase e a fase de relacionamento (D/R) e entre a fase de previsão e a fase de relacionamento P/R).

Quadro 11

Evolução dos grupos de trabalho do grupo AS nas quatro actividades laboratoriais

Actividades sobre absorção e emissão de radiação IV	Grupos	Pontos de vista dos alunos nas diferentes fases			Evolução		
		Nas previsões	Depois da análise e discussão dos resultados obtidos	Depois da discussão nas questões de relacionamento	P/D	D/R	P/R
Absorção Corpos branco e preto	GAS1	NA	A	NA *	E	Re	M NA
	GAS2	NA	A	A	E	M A	E
	GAS3	NA	A	A	E	M A	E
	GAS4	NA	A	A	E	M A	E
	GAS5	NA	A	A	E	M A	E
	GAS6	NA	A	A	E	M A	E
	GAS7	NA	A	A	E	M A	E
Absorção Corpos branco e polido	GAS1	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS2	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS3	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS4	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS5	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS6	A	A	A	M A	M A	M A
	GAS7	A	A	A	M A	M A	M A
Emissão Corpos branco e preto	GAS1	NA	NA	NA *	M NA	M NA	M NA
	GAS2	NA	NA	A	M NA	E	E
	GAS3	A	NA	A	Re	E	M A
	GAS4	NA	A	A	E	M A	E
	GAS5	NA	A	A	E	M A	E
	GAS6	NA	A	A	E	M A	E
	GAS7	NA	NA	A	M NA	E	E
Emissão Corpos branco e polido	GAS1	NA	A	NR	E	—	—
	GAS2	A	A	NR	M A	—	—
	GAS3	NA	A	NR	E	—	—
	GAS4	A	A	NR	M A	—	—
	GAS5	NA	A	NR	E	—	—
	GAS6	A	A	NR	M A	—	—
	GAS7	A	A	NR	M A	—	—

* Fazem referência à proximidade de comportamentos entre os corpos branco e preto na questão 4.3.

Constata-se que todos grupos apresentaram, após a actividade sobre a emissão dos corpos branco e polido, pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar mas não referiram esses pontos de vista nas questões de relacionamento.

A análise do quadro 11, permite constatar que nas questões de relacionamento, apenas o grupo GAS1 manteve pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar (M NA), nas comparações entre os corpos branco e preto, tanto na absorção como na emissão.

Entre a fase de previsão e a fase das questões de relacionamento, não estão assinalados casos de regressão. Embora o grupo GAS3 tenha interpretado mal os resultados da actividade sobre a emissão das latas preta e branca (NA) e abandonado a previsão correcta (A), anteriormente apresentada, tratou-se de uma regressão restrita a essa etapa que já não se manifestou nas questões de relacionamento (M A).

Para exemplificar os diferentes tipos de evolução caracterizados no ponto 3.9.3, detectados no grupo AS, e clarificar alguns factores que podem ter contribuído para a sua ocorrência, vai ser descrita a maneira como decorreu a evolução de pontos de vista de alguns grupos.

a) Os pontos de vista do grupo foram corrigidos definitivamente após a realização das actividades

Este tipo de evolução ocorreu, na comparação entre os corpos branco e preto relativamente à absorção da radiação IV, em todos os grupos de trabalho, mas, no que diz respeito à emissão, ocorreu apenas em três grupos (GAS4, GAS5 e GAS6), e também ocorreu apenas em três grupos (GAS1, GAS3 e GAS5) no que diz respeito à emissão dos corpos branco e polido. Para ilustrar este tipo de percurso evolutivo vão ser referidos o grupo GAS2 e o grupo GAS5 relativamente à absorção da radiação IV, na comparação do comportamentos dos corpos branco e preto, e também o grupo GAS5 relativamente à emissão da mesma radiação, na comparação dos corpos branco e preto.

No grupo de trabalho GAS2, durante o período de elaboração das previsões, um dos alunos já tinha insistido em afirmar que as latas branca e preta iriam aquecer de igual modo. Contudo, este aluno (R1) não conseguiu fundamentar a sua opinião, oposta à dos outros elementos do grupo, e reconheceu não ser capaz de apresentar uma explicação, como se pode constatar no diálogo que a seguir se transcreve:

- R1 – A luz é absorvida de diferente forma pelos corpos como vimos na experiência anterior. Mas o calor, ainda não sei explicar. Mas ser preto e branco é igual.
- R2 – Porque é que disseste que o prateado iria absorver diferente dos outros.
- R1 – Diferente do branco. Agora é o branco e o polido, aqui disse que o branco ia aquecer mais que o polido.
- R2 – Isso é que não entendo. Em cima disseste...
- R1 – Este sei explicar melhor, mas era a minha previsão.

Com a intervenção da professora, o aluno R1 concluiu que o polido reflecte parte da radiação IV. Contudo, não apresentou, de um modo explícito, as razões que o levaram a essa conclusão, como se pode constatar no fragmento de discussão que seguidamente se transcreve:

- Prof. - Que radiação estamos a tratar?
- R1 - Agora é calorífica.
- Prof. – Sim. Como lhe chamamos? Está a radiar no comprimento de onda de ...?
- R1 – No IV
- Prof. – Na primeira experiência os corpos aqueciam porquê?
- R1 – Absorviam luz
- Prof. – Luz visível e também ... Aqui o que é que estão a absorver?
- R1 – Infravermelha
- Prof. – Então?
- R1 – Corpos de diferentes cores absorvem radiação IV enquanto que o polido reflecte parte dela e não aquece tanto.

O aluno poderá ter raciocinado com base na ideia de que os corpos aqueceram porque absorveram radiação, tendo assumido que se, na actividade com o aquecedor, o corpo branco aqueceu mais que o polido, então é porque este reflectiu também parte da radiação IV. Efectivamente, ao afirmar que “corpos de diferentes cores absorvem radiação IV enquanto que o polido reflecte parte dela e não aquece tanto”, parece que o aluno subentendeu que a restante parte da radiação foi absorvida. No entanto, na continuação do debate, este aluno veio a afirmar que o corpo polido não absorveu nenhuma das radiações. A professora poderia ter confrontado este aluno com o aquecimento da lata polida, para promover uma explicação mais pormenorizada do que se passou, mas isso não aconteceu. Esta omissão levou a que a situação do corpo polido não ficasse clarificada, pois não ficou explícito que a temperatura do corpo polido subiu e que a radiação IV foi apenas reflectida parcialmente. Contudo, o ponto de vista sobre a relação entre o corpo preto e o corpo branco foi repensado pelos alunos e, após a discussão, com o contributo da professora, a opinião do aluno R1 tornou-se consensual, como se pode constatar na seguinte transcrição:

Prof. – No primeiro caso, com a radiação visível viu-se que o preto absorveu mais que o branco e este mais que o polido

R1 – Sim, sim.

Prof. – Mas a lâmpada também emite IV. Na lâmpada o preto aquece mais porquê?

R1 – Absorve a luz

Prof. – Absorve luz e a...

R1 – Infravermelha.

Prof. - E o branco?

R1 – Também absorve em menor quantidade só a IV

Prof. – O preto?

R1 – O preto absorve as duas

Prof. – Aquece mais ou menos? E o branco?

R1 – Só a IV

Prof. – Absorve a IV e reflecte a luz

Prof. – E o polido?

R1 – Nenhuma

Prof. – Com a radiação IV o que acontece?

R1 – O preto absorve.

Prof. – E o branco.

R1 – Também.

Prof. – E o polido?

R1 – Não absorve nenhuma

R3 – A 2ª previsão estava errada

R2 – A 1ª também porque disseste que o preto aquecia mais e a diferença é pequena

R1 – Não tive que repensar estavam certas as duas. Afinal valeu a pena escrever duas opiniões.

Com excepção do aluno R1, que já tinha afirmado a sua posição individual de que “o calor seria absorvido de forma idêntica pelo branco e pelo preto”, todos os outros tiveram de repensar o seu ponto de vista e passaram a reconhecer que as latas, preta e branca, aquecem de igual forma. Por isso, na ficha de trabalho, apresentaram, consensualmente, a seguinte conclusão: “Nesta experiência como só se trata de radiação IV, o corpo branco e o preto aquecem mais ou menos de igual forma”. Contudo, esta interpretação foi alcançada apenas após a discussão e com a colaboração da professora. Este facto mostra mais uma situação em que a discussão, posterior à realização das actividades, foi importante para que os resultados fossem correctamente interpretados/explicados, ainda que de um modo algo superficial.

No grupo GAS5, a alteração do ponto de vista relativamente à absorção também não ocorreu imediatamente após a realização da actividade laboratorial, mas só depois do debate sobre os resultados obtidos na mesma. Na verdade, depois de realizada a actividade com o aquecedor, uma das alunas (M) quase negou aquilo que foi observado, apesar das objecções que lhe foram apresentadas por outra aluna (Mf). Esta última fez uma interpretação correcta dos resultados

obtidos, mas teve dificuldade em convencer a colega M, como se constata na sequência de intervenções que seguidamente se transcreve:

Mf – Os gráficos foram diferentes das nossas previsões. Os gráficos das superfícies negra e branca têm a mesma temperatura pois o aquecedor está a radiar energia no comprimento de onda do IV vão ficar à mesma temperatura., vão aumentar sempre mas sempre iguais, ou seja, a cor da superfície não implica em nada porque como é radiação. IV vão absorver...

M – Eles não conseguem absorver!

Mf – Conseguem sim.

M – Não. Senão estavam iguais

Mf – Se não absorvessem, não aumentavam de temperatura, eles absorvem. Não há diferença entre elas.

M – Elas não aumentaram

Mf – Aumentaram. Olha! Lê a pergunta que diz: “ [...] se for comparada a absorção [...]” Absorvem igual. A cor não implica em nada, se é branco ou preto não interessa em nada. Ou seja vão absorver a mesma quantidade de energia.

M – Mas eu acho que absorvem outro tipo de radiação, que não absorvem IV.

Mf – O que implica na cor é a radiação visível. Como é IV eles absorvem na mesma, porque senão não aumentavam de temperatura, mas a cor não implica em nada, ou seja, vão absorver a mesma quantidade de energia e não interessa a cor. Por isso é que os gráficos são iguais.

M – Então porque é que uma absorve mais do que a outra

Mf – Não absorve.

M – Mas porque é que uma não há-de absorver mais do que outra?

Mf – Porque é infravermelho

M – Que é que isso tem?

Mf – A visível é que interfere a cor

Mf – É assim: quando se trata de radiação visível o preto absorve tudo e não reflecte, não emite, enquanto o branco absorve e reflecte, emite. Quando se trata de IV o preto absorve e o branco também, percebes? A cor não interessa. Quando é luz visível a cor interessa o preto absorve e não emite o branco absorve e emite. Por isso o preto vai ficar mais quente. Como é IV a temperatura fica igual porque ambos vão absorver e emitir.

Enquanto a aluna M nega o aumento de temperatura, a aluna Mf reconhece esse aumento e, ao fazer um apelo aos resultados, conclui que a absorção é idêntica para ambos os corpos, afirmando na sua terceira intervenção: “Se não absorvessem, não aumentavam de temperatura, eles absorvem. Não há diferença entre elas”. A mesma aluna Mf também interpreta esse aumento, afirmando, na sua quarta intervenção: “Absorvem igual. A cor não implica em nada, se é branco ou preto não interessa em nada, ou seja, vão absorver a mesma quantidade de energia”. Contudo, esta aluna (Mf) não só mostra dificuldade em defender o seu ponto de vista, como também faz confusão entre emissão e reflexão quando na última intervenção afirma: “o preto absorve tudo e não reflecte, não emite, enquanto o branco absorve e reflecte, emite”. Na continuação do diálogo, a aluna M parece insatisfeita com a explicação, apresentada por Mf, apercebe-se da confusão que esta última fez e tem o cuidado de sublinhar a diferença entre reflexão e emissão. No entanto, quer a tentativa

da aluna Mf para explicar os dados obtidos quer a conclusão que apresenta (ao admitir que ambos vão absorver e emitir a radiação IV) são globalmente correctas, como se pode verificar no fragmento de diálogo que a seguir se transcreve:

M – O branco não emite, porque não é ... Porque reflecte. Para emitir tem de absorver

Mf – Pronto reflecte.

M – É diferente!

Mf – A conclusão a que chegamos nos gráficos da superfície branco e preta, eles têm a mesma temperatura, depois de feita a experiência, eles absorvem essa radiação de igual forma.

Tendo em conta a forma como decorreu a discussão, será de admitir que o ponto de vista correcto que apresentaram, no registo da ficha de trabalho, decorreu da discussão e da persistência da aluna Mf. No entanto, esse ponto de vista não parece ter sido tomado em conta na actividade seguinte sobre a emissão. De facto, no diálogo que precedeu a elaboração das previsões sobre a emissão, a aluna Mf defendeu um ponto de vista que se mostrou incongruente com o resultado que já tinham aceite para a absorção da radiação IV. Na elaboração das previsões sobre emissão, a aluna Mf parece ter começado por associar a capacidade de emitir com a capacidade de absorver a radiação visível e não com a capacidade de absorver da radiação IV. Afirmou, ainda, que o corpo branco não chega a absorver energia pelo que também não emite, como se pode constatar na seguinte transcrição do diálogo entre as duas alunas em causa:

Mf - O corpo negro absorve e emite. Para haver emissão tem de haver absorção.

M - Então e o branco?

Mf - O corpo branco reflecte, o corpo branco não emite energia, é diferente, nem sequer chega a absorver.

M - Está bem, tens razão.

Mf - O corpo negro é melhor emissor, vai emitir mais energia porque vai absorver e emitir, enquanto o corpo branco como reflecte e não absorve não vai emitir. O corpo negro vai radiar mais energia.

Face a este diálogo, parece legítimo concluir que estas alunas ou esqueceram a actividade com o aquecedor (que mostrou a absorção da radiação IV por parte do corpo branco) ou, então, associaram a capacidade de emitir radiação IV com a capacidade de absorver a radiação visível. Algo de análogo se constata no diálogo relativo à emissão quando as alunas comparam os dois corpos, branco e polido:

Mf - Acho que tanto a polida como a branca não emitem reflectem portanto os gráficos deverão ser iguais.

M - Mas o corpo polido é como um espelho reflecte a nossa imagem reflecte também a energia. O corpo polido vai reflectir mais
Mf - Não devem ser muito diferentes, porque tanto um como o outro reflectem não emitem.

Mais uma vez, não estabeleceram ligação com a experiência anterior que mostrou a absorção da radiação IV pela lata branca. De facto, quando a aluna Mf afirma que as latas, branca e polida, não emitem mas reflectem, parece que está a pensar apenas na radiação visível. Também não deram atenção a que ambos os corpos estavam a uma temperatura superior à do ambiente e, por isso, já tinham absorvido energia.

Os pontos de vista incorrectos implicados nas previsões foram alterados após a concretização das actividades. Depois de reconhecerem que os resultados não eram os esperados, as alunas passaram a admitir o comportamento idêntico dos dois corpos, branco e preto, face à radiação IV. Também reconheceram que o corpo polido arrefeceu mais lentamente do que o branco, apesar de não explicarem correctamente o resultado. Assim, este grupo passou a apresentar pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar que manteve nas questões de relacionamento, embora a resposta à questão 4.4 seja algo confusa. De facto, nesta resposta, possivelmente por má compreensão da pergunta, em vez de se pronunciar sobre a existência de uma relação, o grupo voltou a afirmar o comportamento idêntico dos dois corpos, registando na ficha de trabalho que “[...] ambos absorvem e emitem a radiação IV independentemente da temperatura a que se encontrem, a variação de temperatura é a mesma”. Deste modo, foi apresentada uma referência algo confusa à variação de temperatura, em vez de ser dada uma resposta sobre a existência ou ausência da relação em causa.

b) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar só foram corrigidos depois da discussão nas questões de relacionamento

Constata-se, no quadro 11, que este tipo de situação ocorreu nos grupos GAS2, GAS3 e GAS7 relativamente à emissão dos corpos branco e preto. O que se passou no grupo GAS3 tem um interesse particular na medida em que a previsão sobre a emissão, efectuada pelo grupo, admitia o comportamento idêntico das latas branca e preta, mas, depois de realizada a actividade, consideraram a previsão não confirmada. Este caso, como já foi referido, não foi considerado uma regressão, visto que, mais tarde, após a reflexão sobre as questões colocadas nas actividades de relacionamento, o grupo apresentou um ponto de vista concordante com o conhecimento escolar.

Durante o diálogo que precedeu a apresentação da previsão, esta foi justificada por um aluno que aludiu ao facto de os corpos estarem inicialmente todos à mesma temperatura e defendeu que, por apresentarem o mesmo grau de agitação das partículas, deveriam apresentar a mesma capacidade de emitir radiação.

R1 - Se estiverem à mesma temperatura, qual deles radia mais rápido já não tem nada a ver com reflexão.

R2 - Mas porque é que radia mais?

R1 - Não, vão estar à mesma temperatura vão ter a mesma radiação

R2 - as partículas vão agitar mais libertam mais

R1 - Não, vão começar à mesma temperatura agitam na mesma.

R2 - Não estou a ver

R1 - Estão à mesma temperatura a agitação vai ser igual, vão radiar igual.

R2 - Penso que o branco vai radiar mais.

A previsão apresentada pelo aluno R1 era compatível com o conhecimento escolar anterior. Contudo, a tentativa de a justificar com base na igualdade das temperaturas iniciais não é correcta. Nesta justificação o aluno não ponderou o facto de o corpo polido também estar inicialmente à mesma temperatura que o branco. Caso contrário, teria de prever que, se o seu ponto de vista fosse válido, também o corpo polido iria radiar igualmente. Apesar da justificação não ser aceitável, a previsão apresentada por este grupo era concordante, quer com o conhecimento escolar, quer com os resultados obtidos. Contudo, após a realização da actividade, contrariaram a previsão, pois sobrevalorizaram a pequena diferença entre a emissão da lata preta e da lata branca. Este facto, mostra que, depois de realizadas as actividades laboratoriais, podem persistir pontos de vista incorrectos devido a interpretações deficientes desses mesmos resultados. Neste caso, tais pontos de vista só foram alterados após a discussão suscitada pelas questões de relacionamento das actividades. Assim, verifica-se que neste grupo de trabalho a insistência na discussão dos resultados foi necessária para a correcta interpretação dos mesmos.

c) Os pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar manifestados na fase inicial mantiveram-se nas questões de relacionamento

Este tipo de percurso, relativamente à absorção dos corpos branco e polido, ocorreu em todos os grupos e, relativamente à emissão dos corpos branco e preto, ocorreu, também, grupo no GAS3. De facto, todos os grupos apresentaram previsões correctas, à luz do conhecimento escolar, relativamente à absorção dos corpos branco e polido. Estes pontos de vista mantiveram-se, sem

discussão e sem explicação muito aprofundada, após a concretização da actividade e durante as questões de relacionamento. Como exemplo será referido o grupo GAS4 no qual, na fase de previsão, foi constatada uma divergência entre duas alunas que chegaram rapidamente a acordo, contrariamente ao que tinha acontecido na actividade com os corpos branco e preto. Seguidamente, transcreve-se o breve diálogo ocorrido entre as alunas.

M1 – O que difere nesta experiência é a forma como se transmite a energia. Há bocado estava a ser transmitida energia sob a forma de radiação agora é sobre a forma de calor. A superfície polida reflectia porque é um espelho, reflecte muito a radiação. Mas radiação não é o calor.

[...]

M2 – Acho que não. [...] Acho que o branco vai absorver mais que o polido porque este reflecte mais que o branco

M1 – Então vai ser igual.

M2 – A polida vai ter uma temperatura mais baixa, vai reflectir mais

M1 – Pois, era o que eu estava a dizer. Vai ser igual à experiência anterior

M2 – Só que o polido vai reflectir mais do que a superfície branca.

M1 – Vai ser preciso o aquecedor a óleo e as superfícies diferentes colocadas a igual distância do aquecedor a óleo e os sensores para medir a temperatura e comparar.

A aluna M1 apercebeu-se de que haveria diferença relativamente à actividade anteriormente realizada com luz visível, mas mostrou não saber que, em ambos os casos, se tratava de absorção de radiação. Face à objecção da colega (M2), passou a afirmar que a situação seria igual à da actividade realizada com a radiação visível. Por sua vez, a aluna M2 (possivelmente com base no facto de já ter sido constatado que tanto o corpo branco como o preto absorveram a radiação IV) percebeu que a radiação IV seria mais absorvida pelo corpo branco do que pelo corpo polido e afirmou que a diferença entre os dois seria mais acentuada do que no caso da radiação visível. Esta foi a previsão consensual apresentada no registo escrito na ficha de trabalho que confirmaram com a realização da actividade, após a qual uma das alunas afirmou: “A previsão do corpo polido e branca está correcta. Depois de realizada a experiência, a temperatura do branco é mais elevada do que o polido”. Assim, o ponto de vista compatível com o conhecimento escolar implicado na previsão manteve-se após a actividade e também se manteve nas questões de relacionamento.

d) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar continuaram a manter-se nas questões de relacionamento

O quarto tipo de percurso verificou-se apenas no grupo de trabalho GAS1 que não mostrou evolução dos pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar relativamente à

comparação entre os corpos branco e preto na absorção. De facto, no quadro 11 pode constatar-se que o grupo GAS1 manteve pontos de vista incorrectos nas actividades de relacionamento, relativamente à absorção e à emissão da radiação IV por parte dos corpos preto e branco. No entanto, a análise do que se passou neste grupo mostra que os pontos de vista apresentaram alguma evolução, aproximando-se do conhecimento escolar.

Na verdade, no que respeita à absorção, os alunos tinham previsto maior absorção por parte do corpo preto. Após a actividade, na ficha de trabalho, consideraram a previsão confirmada, mas também registaram que as temperaturas de ambos os corpos ficaram muito próximas, afirmando: “não contávamos que a temperatura do corpo branco ficasse tão próxima da do corpo preto”. Assim, embora o grupo tenha considerado incorrectamente que a previsão foi confirmada, pode considerar-se que, após a actividade, o grupo se apercebeu de um aspecto fundamental (a proximidade das temperaturas dos dois corpos) para a correcta interpretação dos resultados.

No que respeita à emissão, os alunos também fizeram uma referência à proximidade dos comportamentos, mas esta só surgiu na terceira questão de relacionamento. De facto, anteriormente, tinham previsto que a emissão seria maior por parte do corpo branco e, depois de obterem os resultados da actividade, repensaram este ponto de vista tendo afirmado: “ao contrário do que estávamos à espera o corpo que irradia energia mais rapidamente foi o corpo preto”. Ao tentarem corrigir o seu ponto de vista, sobrevalorizaram o facto da emissão por parte da lata preta ser ligeiramente superior à da branca. Contudo, este facto, não implica, necessariamente, que a proximidade dos comportamentos das duas latas lhes tenha passado despercebida. Dado que tinham previsto que o corpo branco emitiria mais e constataram o contrário, perante a necessidade de corrigir o seu ponto de vista, poderão ter considerado mais importante referir que a previsão foi contrariada pelos resultados do que referir a proximidade dos comportamentos. Talvez por esta razão, só posteriormente, na terceira questão de relacionamento, referiram que a diferença entre os dois corpos, quer na absorção quer na emissão, era mínima. Todavia, é possível que, na resposta sobre a emissão, já tivessem consciência que a diferença de comportamento entre os corpos branco e preto não era muito grande.

Para que os alunos compreendessem melhor estas actividades talvez fosse necessário fornecer informação sobre as diferenças de comportamento face à radiação visível e à radiação IV entrando em linha de conta com o comprimento de onda das radiações. Contudo, este tipo de informação teórica, que poderá ter sido abordado, posteriormente, nas aulas da disciplina de Física e Química, parece não ter sido abordada durante as aulas da disciplina de Técnicas Laboratoriais.

Em resumo, pode dizer-se que no grupo de investigação AS, as previsões não concordantes com o conhecimento escolar, que de início se verificaram em todos os grupos de trabalho, foram mais frequentes relativamente à emissão do que à absorção da radiação IV, e quase todas dizem respeito à comparação entre as latas branca e preta. Relativamente à comparação entre as latas branca e polida, na emissão, existem apenas três previsões não concordantes com o conhecimento escolar. Quase todas as interpretações incorrectas foram revistas na sequência da análise dos dados recolhidos e/ou de discussão das questões de relacionamento. Apenas em um dos grupos subsistiram nas questões de relacionamento pontos de vista incorrectos relativamente à absorção e à emissão.

No entanto, tal como aconteceu no grupo de investigação AT, as novas conclusões/explicações concordantes com o conhecimento escolar, apresentadas pelos grupos de trabalho do grupo de investigação AS, nos registos da ficha de trabalho nem sempre foram acompanhadas de discussão e argumentação. Por exemplo, no grupo GAS4 essas explicações surgiram logo que foram observados os resultados das actividades e acompanhadas de explicações superficiais. Assim, neste grupo de trabalho, os pontos de vista dos alunos parecem ter sido alterados face aos resultados, sem discussão e sem o acompanhamento de uma fundamentação teórica. Pelo contrário, os resultados das actividades foram bastante discutidos no grupo de trabalho GAS5, quer na absorção quer na emissão. Também no grupo GAS6, o ponto de vista sobre a absorção foi alterado durante a discussão dos resultados, mas o ponto de vista sobre a emissão, que sobrevalorizava a diferença encontrada entre o branco e o preto, só foi corrigido quando voltaram a discutir nas questões de relacionamento. O mesmo aconteceu no grupo GAS2, em que o ponto de vista não concordante com o conhecimento escolar, acerca da emissão, só foi corrigido quando voltaram a discutir o assunto nas questões de relacionamento

São poucos os grupos de trabalho em que é prestada a devida atenção às condições iniciais, visto que os alunos não explicitam o facto de, nas actividades realizadas, todas as latas estarem à mesma temperatura inicial. Esta falta de atenção às condições iniciais deu origem a que, em alguns grupos de trabalho, os alunos não se apercebessem de que corpos que estavam à mesma temperatura inicial apresentaram diferentes comportamentos no arrefecimento.

As ideias prévias tiveram influência, não só nas previsões, mas também na interpretação dos resultados, pois, em vários grupos de trabalho, foi feita uma leitura dos resultados favorável à previsão apresentada, o que não surpreende tendo em conta resultados referidos por autores como

Park e Kim (1998). No entanto, na maioria dos casos, essas ideias foram corrigidas ou durante a discussão sobre os resultados ou na discussão das questões de relacionamento.

4.4.2.2. Análise das práticas argumentativas do grupo AS

Esta análise foi desenvolvida seguindo a mesma linha de orientação adoptada para o grupo AT. Assim, para proceder à análise das práticas argumentativas, foram consideradas apenas as seqüências de intervenções em que existe uma discussão de pontos de vista entre alunos ou entre estes e o professor. Nestas seqüências foram identificados os fragmentos que podiam corresponder a argumentos completos ou incompletos (parcelas de argumentos) e para proceder a esta identificação, usou-se o mesmo modo de proceder que foi usado para o grupo AT. Os resultados desta análise constam da tabela 21, no qual, para cada grupo de trabalho, está indicado o número de argumentos de acordo com cada uma das cinco categorias definidas em 3.9.3.

Tabela 21

Argumentos e parcelas de argumentos apresentados em cada grupo de trabalho do grupo AS (f)

Categorias de argumentos	GAS1	GAS2	GAS3	GAS4	GAS5	GAS6	GAS7	Total
CC-C								
CC-F	1			1	2	3	1	8
CC-E								
IC-F		2		1				3
IC-E			3		2			5
Total	1	2	3	2	4	3	1	16

Pela análise dos dados apresentados nesta tabela constata-se que, nas discussões ocorridas em todos os grupos, se verificou a existência de argumentos. No entanto, em nenhum dos grupos de trabalho os alunos apresentaram argumentos completos e correctos. Nos grupos em que foram apresentados argumentos com os três elementos correctamente relacionados, o conteúdo desses elementos apresentou-se incompleto e, em alguns casos, com falhas (pequenas incorrecções ou enganos), pelo que foram classificados na categoria CC-F. Para clarificar o modo como se concretizou a classificação dos argumentos (de acordo com as cinco categorias anteriormente referidas) vão ser apresentados alguns exemplos.

Existem cinco grupos de trabalho em que foram apresentados argumentos classificados na categoria CC-F (completos com os elementos correctamente relacionados mas com falhas). Esta

categoria de argumentos vai ser ilustrada com base no grupo GAS5 porque, durante a discussão que teve lugar neste grupo, uma das alunas apresentou sucessivas variantes do mesmo argumento com fundamentações cada vez mais completas, como resposta às sucessivas objecções levantadas por outra aluna. A sequência de intervenções que contém esta argumentação já foi apresentada no ponto anterior a propósito da evolução deste grupo acerca da absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto. Nessa sequência foram seleccionados dois fragmentos, um no início e outro no fim, que permitem exemplificar esta classificação e que, tal como foi explicado no capítulo III, vão ser apresentados através de esquemas elaborados com base no modelo de Toulmin (1958).

As primeiras intervenções da sequência constituem um argumento completo visto conter os três elementos base. No entanto, o argumento foi classificado na categoria CC-F por ter uma fundamentação incompleta, na qual, com base na igualdade de temperaturas, a aluna inferiu o comportamento idêntico dos dois corpos face à absorção da radiação IV, mas sem qualquer referência ao contributo da energia absorvida para a energia cinética de agitação das partículas (significado físico de temperatura) como consta no esquema da 19.

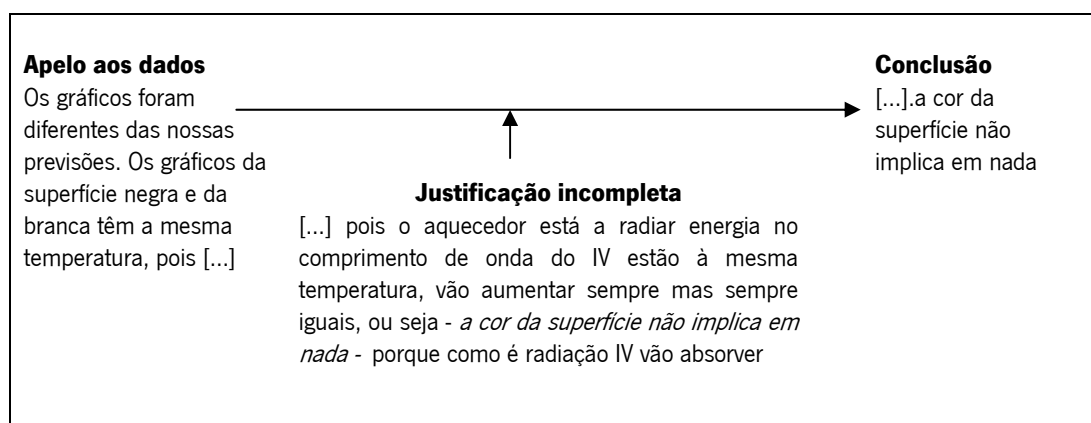


Figura 19 - argumento apresentado por uma aluna do grupo GAS5 sobre a absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto após a realização da actividade laboratorial

Por fim, no final da sequência de intervenções, a mesma aluna apresentou um argumento em que a fundamentação apresentada é mais completa, como se pode verificar no esquema representado na figura 20. No entanto, pelo facto da fundamentação ainda ser incompleta e conter uma incorrecção, pois a aluna usa o termo emite quando se refere a reflecte, (linha sete do reforço da justificação), também foi incluída na categoria em causa (CC-F).

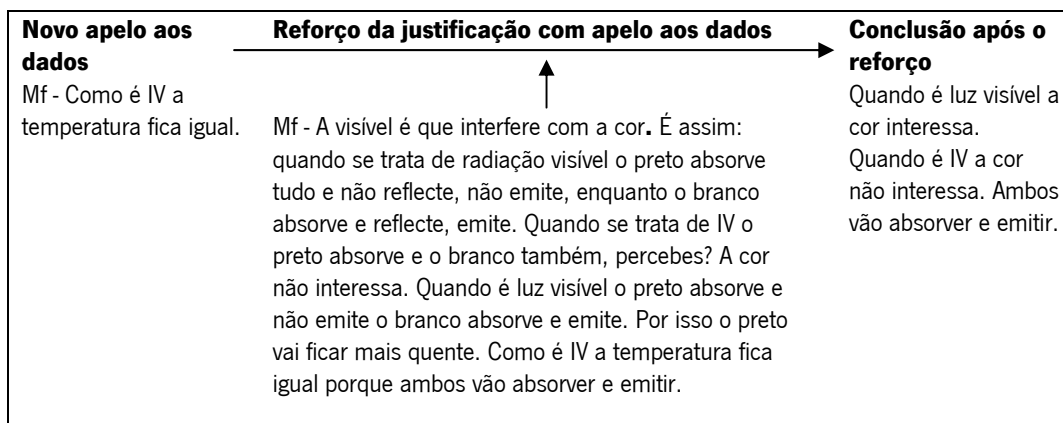


Figura 20 - argumento apresentado por uma aluna do grupo GAS5 sobre a absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto após a realização da actividade laboratorial

Este é um dos casos em que o prolongamento da discussão conduziu a uma explicação mais completa e a um argumento melhor fundamentado, resultante do esforço que a aluna fez para convencer a colega. A forma como evoluiu a argumentação da aluna mostra que, tal como referem Berlan e Raiser (2008), a prática da explicação e a prática argumentativa são complementares. Segundo estes autores os estudantes consideram, habitualmente, que o propósito de uma explicação é mostrar que conhecem a resposta certa. No entanto, se em alternativa, pensarem nos seus pares como sua audiência, as explicações dos fenómenos científicos passam a constituir uma prática argumentativa, na medida em que tentam persuadir os seus pares da explicação em que acreditam, eles próprios.

No que toca à categoria IC-F (argumento incompleto apenas com conclusão e outro dos elementos base correctamente relacionados mas com falhas), verificou-se a existência de argumentos deste tipo apenas em dois dos sete grupos. Como exemplo será referido o caso de uma do grupo GAS4, durante a discussão das questões de relacionamento, que de seguida se representa:

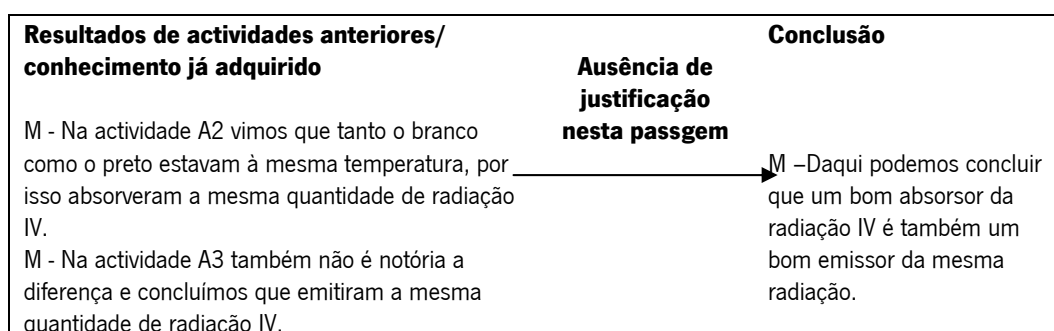


Figura 21 - argumento incompleto apresentado por uma aluna do grupo GAS4 na discussão sobre as questões de relacionamento

A aluna apresentou um argumento em que, a partir dos resultados obtidos em actividades anteriores, fez uma passagem directa para uma conclusão, sem qualquer explicação/fundamentação. Com efeito, na passagem para a conclusão, a aluna apenas explica os resultados das actividades anteriores, de um modo incompleto, visto que se limita a afirmar “[...] por isso absorveram a mesma quantidade de radiação IV [...] e concluímos que emitiram a mesma quantidade de radiação IV”. Além disso, considera apenas os corpos preto e branco, faltando a referência ao polido, a qual permitiria contrapor um corpo que, absorvendo mal a radiação IV, também é mau emissor da mesma radiação. Assim, a passagem para a conclusão a favor do relacionamento entre a capacidade de um corpo absorver a radiação IV e a capacidade desse corpo emitir a mesma radiação não está fundamentada.

No que diz respeito à categoria IC-E (argumento incompleto com os elementos correctamente relacionados mas com conclusão não concordante com o conhecimento escolar), foram apresentados argumentos deste tipo em dois dos sete grupos de trabalho GAS3 e GAS5. Como foi referido no ponto anterior, a propósito da evolução do grupo de trabalho GAS5, relativamente à emissão das latas preta e branca, a previsão apresentada por este grupo não era aceitável e, também, contrariava o que já tinha sido aceite relativamente à absorção, visto que, negava a capacidade de absorção por parte do corpo branco. A aluna Mf apresenta um argumento em que a conclusão está correctamente relacionada com o ponto de vista que a aluna aceita e supõe ser correcto. No entanto, o argumento está incluído na categoria IC-E porque a conclusão e a justificação não entram em linha de conta com o facto de o comportamento dos corpos, preto e branco, face à radiação IV, ser praticamente o mesmo, como se pode constatar no fragmento da sequência de intervenções que a seguir é apresentado de modo esquemático:

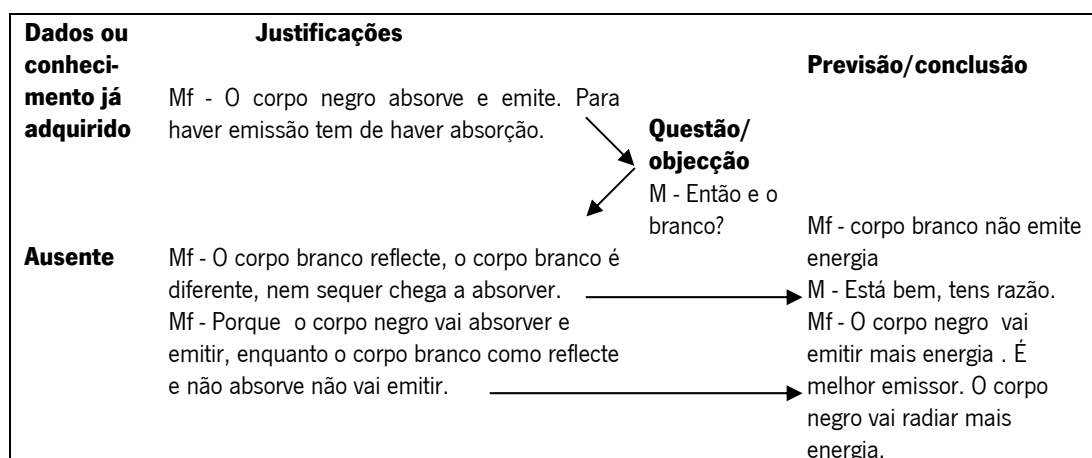


Figura 22 - representação esquemática de uma sequência de intervenções que inclui o argumento incompleto apresentado por uma aluna do grupo GAS5

Na verdade, a aluna Mf afirma que o corpo preto absorve a radiação IV e que, pelo contrário, o branco não absorve, contrariando a conclusão sobre a proximidade dos comportamentos que já tinha sido aceite na actividade anterior, sobre a absorção da radiação IV. Este facto mostra que as ideias prévias dos alunos não tinham sido erradicadas durante a discussão, e constitui um exemplo de que as conclusões incorrectas podem ser logicamente defendidas com base em ideias prévias que até poderão sair reforçadas. Daqui decorre a necessidade de criar, na prática pedagógica, condições para a eficácia das oportunidades de discussão que são concedidas aos alunos.

Em síntese, e com base na tabela 20, pode afirmar-se que no grupo AS não se verificou a existência de argumentos na categoria CC-C (completos com os seus elementos bem relacionados e conclusões correctas). No entanto, metade dos argumentos que foram formulados são completos, com conclusões aceitáveis do ponto de vista do conhecimento escolar, mas que apresentam algumas falhas. Na verdade, num total de 16 argumentos, oito foram classificados na categoria CC-F, três foram classificados na categoria IC-F, e os restantes cinco correspondem à categoria IC-E. Após a concretização das actividades, com excepção de um grupo de trabalho, todos os outros grupos passaram a apresentar conclusões aceitáveis, como já foi referido e consta no quadro 11 (ponto 4.4.2.1).

4.4.3 Análise das interacções verbais e práticas argumentativas do grupo FS

4.4.3.1 Análise das interacções verbais do grupo FS

No quadro 12, para cada grupo de trabalho do grupo de investigação FS, estão registadas as ocorrências correspondentes a cada um dos itens da grelha de análise (apresentada no ponto 3.9.3) detectadas nas intervenções orais dos alunos e nos consensos registados por escrito, durante a realização das mesmas actividades já consideradas para os outros grupos de investigação. Na maioria dos grupos de trabalho, as discussões foram breves e as conclusões/explicações não foram formuladas de modo explícito durante essas discussões. Por este motivo, o contributo dos registos escritos, neste grupo de investigação, especialmente relevante para possibilitar a análise das conclusões/explicações dos grupos de trabalho.

Procedendo do mesmo modo que para os outros grupos de investigação, no quadro 12 estão registadas as ocorrências associadas às comparações entre os corpos branco e preto e entre os

corpos branco e polido, estão representadas por 'abs br/pr' e 'abs br/pol' na absorção, e por 'emiss br/pr' e 'emiss br/pol' na emissão.

Este quadro evidencia que as situações em que os grupos de trabalho apresentam pontos de vista que correspondem ao 2º nível da grelha de análise são apenas as que foram classificadas no item D2, ou seja, os alunos conseguem relacionar de um modo coerente as suas interpretações com os dados obtidos mas apresentam explicações superficiais. Pode constatar-se que não há uma distribuição uniforme, das ocorrências pelos diversos itens da grelha. Enquanto que para alguns (ex.: B2, B4, C1 e C4) existem apenas uma ou duas ocorrências em parte dos grupos de trabalho, para outros itens existe pelo menos uma ocorrência em cada grupo de trabalho (ex.: A2, C3, D2), e para outros (ex.: A1, A3, B5, D1) não existe uma única ocorrência em nenhum dos grupos.

Quadro 12

Resultados da análise das interações verbais e dos consensos registados nas fichas dos grupos de trabalho do grupo de investigação FS

Níveis	Itens	GFS1	GFS2	GFS3	GFS4	GFS5	GFS6	GFS7
1º Nível	A1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	A2	emiss br/pr emiss br/pol	emiss br/pr emiss br/pol	emiss br/pr emiss br/pol abs br/pr	emiss br/pr	Emiss pr/br	emiss pr/br emiss br/pol abs br/pr	abs br/pr
	A3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	A4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	B2	_____	_____	_____	_____	Emiss pr/br	_____	_____
	B3	_____	emiss br/pol não referem	abs br/pr emiss br/pr *	_____	abs br/pr ** emiss pr /br	_____	_____
	B4	_____	_____	emiss br/pr	_____	_____	emiss br/pr	_____
	B5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	C1	_____	_____	_____	_____	abs pr/br	_____	_____
	C2	_____	_____	_____	_____	abs pr/br	_____	_____
C3	abs br/pr abs br/pol	abs br/pr e abs br/pol	Abs br/pol	abs br/pr abs br/pol emiss br/pol	abs br/pol emiss br/pol	Abs br/pol	emiss br/pr abs br/pol emissbr/pol	
2º Nível	D1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	D2	emiss br/pr, emiss br/pol não referida	emiss br/prt , emiss br/pol não referida	não corrigem	emiss br/pr ***	não corrigem totalmente	abs br/pr **** emiss br/pr, emiss br/pol não referida	abs br/pr
	E1 a E5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	F1 a F5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

* questões 4.1 e 4.2 erradas 4.3 e 4.4 parcialmente erradas, emissão dos corpos branco e polido não referida

** questão 4.2 errada indicando regressão, e 4.4 sem nex

*** questões 4.1 e 4.2 incompletas

**** questão 4.3 confusa indicando que não entenderam a pergunta

Relativamente aos itens para os quais existem apenas uma ou duas ocorrências em alguns grupos de trabalho, verifica-se o seguinte:

- No grupo GFS5 ocorreu uma situação, mais adiante relatada com algum pormenor, que foi classificada no item B2, e corresponde a uma rejeição dos resultados obtidos, apesar de estes serem concordantes com o conhecimento escolar;
- Nos grupos GFS3 e GFS5, a oportunidade de discutirem mais pormenorizadamente, nas questões de relacionamento, sobre os resultados obtidos pelos corpos preto e branco, quer na absorção quer na emissão da radiação IV, não conduziu a uma alteração do ponto de vista que os alunos supunham válido, o que conduziu a ocorrências no item B3;
- Nos grupos GFS3 e GFS6 ocorreram situações, que serão também relatadas mais adiante com algum pormenor, que foram incluídas no item B4 porque os alunos abandonaram os seus pontos de vista mas, possivelmente, não o fizeram num acto metacognitivo, visto que, no grupo GFS3 mudaram, simplesmente, sem apresentar qualquer razão e no grupo GFS6 parece terem cedido à opinião da professora, possivelmente sem uma compreensão completa das razões porque o deviam fazer;
- No grupo GFS5, relativamente à absorção dos corpos branco e preto constatou-se que a explicação apresentada para o resultado obtido se resumiu a uma constatação dos resultados (item C2) e que, posteriormente, na questão de relacionamento 4.2, ocorreu uma situação de regressão (item C1).

Relativamente aos itens para os quais existem ocorrências em todos ou quase todos os grupos de trabalho, no quadro 12 verifica-se o seguinte:

- Em todos os grupos de trabalho, se manifestaram pontos de vista discordantes do conhecimento escolar. No que diz respeito à absorção, tais pontos de vista ocorreram em três grupos (GFS3, GFS6 e GFS7) na comparação entre as latas branca e preta por não terem sido correctamente avaliados os valores obtidos (item A2). No que diz respeito à emissão, os pontos de vista discordantes do conhecimento escolar não estão de acordo com os que anteriormente tinham sido aceites para a absorção (item A2). Nos grupos GFS4 e GFS6 não terão sido correctamente avaliados os valores obtidos e nos restantes grupos os dados terão sido obtidos em condições deficientes sem que os alunos disso se apercebessem.

- Em todos os grupos de trabalho, logo após as actividades, ocorreram manifestações de pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar acompanhados de explicações superficiais (item C3) que foram apresentadas nos primeiros registos escritos nas fichas. No que respeita à comparação entre as latas branca e a polida, tais pontos de vista surgiram em todos os grupos de trabalho na absorção da radiação IV, e nos grupos GFS4, GFS5 e GFS7 na emissão da radiação IV. No que diz respeito à comparação entre as latas branca e preta, os pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar manifestaram-se nos grupos GFS1, GFS2, GFS4, na absorção da radiação IV.
- Em cinco dos grupos de trabalho, os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar foram abandonados nas questões de relacionamento (item D2), passando a manifestar-se pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar. Estas ocorrências na sua maioria dizem respeito à emissão da radiação IV dos grupos (GFS1, GFS2, GFS4 e GFS6), e também existem ocorrências respeitantes à absorção em dois grupos (GFS6 e GFS7).

As ocorrências nos itens A2, C2, e C3 dizem respeito aos pontos de vista inicialmente apresentados pelos grupos, logo após a realização das actividades. As ocorrências nos itens B3, C1 e D2 dizem respeito a pontos de vista apresentados durante as questões de relacionamento, por isso todas estas ocorrências estão relacionados com a evolução dos grupos. A análise da evolução dos grupos vai ser feita com base na comparação das respostas apresentadas nestas duas fases.

No grupo de investigação FS, não foi dada oportunidade para a apresentação de previsões e só após a realização das actividades, ou seja, depois de conhecerem os resultados das mesmas é que os alunos foram solicitados a apresentar suas conclusões e explicações. Na verdade, no grupo FS não houve discussão na procura de consensos para apresentação de previsões. Consequentemente, não houve lugar para confronto de resultados obtidos com pontos de vista previamente aceites, por consenso, no grupo. Assim, neste grupo de investigação a dinâmica das interacções no interior de cada grupo de trabalho não sofreu a influência de todos os factores que influenciaram a discussão e os consensos dos grupos de trabalho dos outros grupos de investigação. No entanto, cada aluno contribuiu para a dinâmica do grupo com o seu conhecimento prévio. Além disso, as interacções entre alunos ou entre alunos e professor(a) estiveram na base da elaboração dos consensos para a explicação dos resultados obtidos. Assim, cada um dos grupos de trabalho

apresentou uma dinâmica e um processo evolutivo próprios que nem sempre conduziram a pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar.

Tal como nos grupos AT e AS, a fim de obter mais informação sobre as consequências das interacções dentro dos grupos, analisou-se a evolução ocorrida nos mesmos, de acordo com os princípios definidos em 3.9.3. No quadro 13 estão indicados os pontos de vista aceites (A), não aceites (NA) e não referidos (NR) detectados nos consensos dos grupos de trabalho, que se manifestaram para cada uma das quatro actividades, nas duas fases do desenvolvimento do trabalho (depois da análise e discussão do resultados obtidos nas actividades laboratoriais e depois da reflexão sobre as questões de relacionamento). Está, também, indicada a categoria relativa à evolução que ocorreu entre as duas fases referidas (D/R).

Quadro 13

Evolução dos grupos de trabalho do grupo FS nas quatro actividades laboratoriais

Actividades sobre absorção e emissão de radiação IV	Grupos	Pontos de vista dos alunos nas diferentes fases		Evolução
		Depois da análise e discussão dos resultados obtidos	Depois da discussão nas questões de relacionamento	D/R
Absorção corpos branco e preto	GFS1	A	A	M A
	GFS2	A	A	M A
	GFS3	NA	NA	M NA
	GFS4	A	A	M A
	GFS5	A *	NA **	Re **
	GFS6	NA	A	E
	GFS7	NA	A	E
Absorção corpos branco e polido	GFS1	A	A	M A
	GFS2	A	A	M A
	GFS3	A	A	M A
	GFS4	A	A	M A
	GFS5	A	A	M A
	GFS6	A	A	M A
	GFS7	A	A	M A
Emissão Corpos branco e preto	GFS1	NA	A	E
	GFS2	NA	A	E
	GFS3	NA	NA	M NA
	GFS4	NA	A	E
	GFS5	NA	NA **	M NA
	GFS6	NA	A	E
	GFS7	A	A	M A
Emissão corpos branco e polido	GFS1	NA	NR	————
	GFS2	NA	NR	————
	GFS3	NA	NR	————
	GFS4	A	NR	————
	GFS5	A	NR	————
	GFS6	NA	NR	————
	GFS7	A	NR	————

* resposta não justificada

** apenas em parte das questões de relacionamento

A análise do quadro 13 permite verificar que nas questões de relacionamento, apenas o grupo GFS3 e o grupo GFS5 apresentaram pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar (NA). Nas comparações entre os corpos branco e preto, foram mantidos pontos de vista não aceites à luz o conhecimento escolar (M NA), no grupo GFS3 tanto na absorção como na emissão e no grupo GFS5 apenas no que respeita à emissão. Relativamente à absorção, o grupo GFS5 é um caso de regressão, visto que anteriormente tinha apresentado um ponto de vista aceite.

Verifica-se também, que a emissão dos corpos branco e polido para a qual os grupos GFS1, GFS2, GFS3 e GFS6 tinham apresentado um ponto de vista coerente com o conhecimento escolar, não foi referida por nenhum grupo nas questões de relacionamento. Por este motivo não foi possível saber se os alunos chegaram a alterar os seus pontos de vista.

Os diversos tipos de evolução referidos em 3.9.3, vão ser exemplificados descrevendo a forma como decorreram as actividades em alguns grupos de trabalho relevantes para o efeito.

a) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar foram corrigidos depois da discussão nas questões de relacionamento

Este tipo de evolução ocorreu na comparação entre os corpos branco e preto, nos grupos GFS1, GFS2 e GFS4 relativamente à emissão, no grupo GFS7 relativamente à absorção, e no grupo GFS6 quer na absorção quer na emissão. Os grupos GFS1 e GFS6 vão ser usados para ilustrar este tipo de evolução, embora este último grupo, na terceira questão de relacionamento, tenha apresentado uma resposta algo confusa, como mais adiante será referido.

No grupo GFS1, relativamente à emissão da radiação IV por parte dos corpos branco e preto, não se verificou a existência de divergências entre os alunos. De facto, no registo áudio das intervenções orais uma das alunas afirmou que “todas libertaram radiação IV mas umas mais que outras. [...] a cor preta para além de captar mais radiação IV também emite mais rapidamente que a cor branca, fazendo com que a emissão de radiação IV seja maior” e todos os restantes membros do grupo concordaram com a maior emissão por parte do corpo preto. Esta opinião foi registada na ficha de trabalho, sem qualquer referência à proximidade dos dois comportamentos. Nas actividades de relacionamento todos se mostraram concordantes sobre o comportamento idêntico dos corpos preto e branco, como se pode constatar no diálogo que seguidamente se transcreve:

R1 - Podemos concluir que enquanto o corpo preto absorve a totalidade da radiação visível o corpo branco reflecte-a.

R2 - Exactamente, pois a cor preta tem tendência a captar a radiação visível enquanto que o branco tem tendência a reflecti-la.

R3 - Mas, em relação à absorção da radiação IV os dois corpos têm praticamente a mesma absorção

Dado que a gravação áudio deste grupo mostra pouca discussão entre os seus elementos, não se sabe se a mudança de ponto de vista foi o resultado de uma reflexão sobre os seus próprios resultados, sobre os resultados obtidos por outros grupos de trabalho durante as aulas de laboratório ou devido a alguma intervenção da professora.

Pode considerar-se que o grupo GFS6, no que respeita aos pontos de vista sobre a absorção e emissão dos corpos preto e branco, se enquadra no tipo de percurso evolutivo que está a ser considerado, mas com alguma reserva. Na verdade, a forma como decorreu a discussão deixa algumas dúvidas sobre se a alteração do ponto de vista dos alunos corresponde a uma atitude metacognitiva ou se os alunos apenas cederam face à professora. De facto, neste grupo, nas questões de relacionamento, registou-se uma extensa discussão após a qual passaram a ser apresentados pontos de vista correctos em resposta às diversas questões, com excepção da resposta da questão 4.3 que deixa algumas dúvidas sobre o entendimento que os alunos fizeram da mesma questão. No início do diálogo com a professora um dos alunos mostrou duvidar da existência de uma relação entre a capacidade de um corpo absorver a radiação IV e a capacidade de emitir a mesma radiação, e não ficaram claras as razões que o levaram a alterar o seu ponto de vista, como pode ser constatado no fragmento de discussão que seguidamente se transcreve:

Prof. – Qual é a questão?

R - A capacidade de um corpo absorver radiação IV estará relacionada com a capacidade de emitir a mesma radiação?

R - Acho que não, porque se para o preto a capacidade de absorção de IV é a mesma que o branco ...

Prof. – a capacidade de emissão como vai ser? Absorvem a mesma quantidade em IV.

R – Mas o preto emite melhor

Prof. – Porquê? Se absorveu a mesma quantidade que o branco em IV?

R – Mas se aquecermos com lâmpada

Prof. – Mas aí tens dois tipos de radiação.

R – Mas o preto não emite melhor a radiação IV?

Prof. – Em que te fundamentas?

R – É o emissor perfeito.

No início do debate, o aluno argumentou de um modo coerente, com base na ideia prévia de que o preto emitia mais do que o branco e com base na conclusão da actividade anterior de que a capacidade de absorção de IV é a mesma para os dois corpos, concluindo incorrectamente a ausência de relação. Depois recorreu, fora de propósito, a um dado que não tinha sido obtido no mesmo contexto mas antes na actividade anterior, realizada com a luz visível, e também recorreu a

uma ideia que não tinha compreendido, visto que confundiu a lata preta com um emissor perfeito. Por sua vez, a professora em vez de recorrer aos dados obtidos nas duas actividades e fazer lembrar a pequena diferença existente entre o preto e o branco, quer na absorção quer na emissão, apenas fez apelo ao que se passou na absorção, parecendo que esperava uma resposta com base na existência da relação absorção/emissão. Contudo, era esta relação que estava em causa e cuja existência se pretendia que fosse reconhecida pelos alunos. Por fim, foi a professora que apresentou a conclusão e que tentou justificá-la, admitindo que os dois corpos tinham igual capacidade de emitir por terem igual capacidade de absorver, ou seja, com base na relação entre capacidade de absorver e de emitir, cuja existência estava justamente a ser discutida, como se pode constatar na continuação do diálogo que seguidamente se transcreve:

Prof. – O preto é um emissor perfeito mas relativamente a todo o tipo de radiação. Agora estamos a falar particularmente da radiação IV. O que é que o preto e o branco fizeram relativamente à radiação IV?

R – O que fizeram?

Prof. – Incidiu sobre eles radiação IV e eles aqueceram, a variação de temperatura foi a mesma?

R – Foi.

Prof. – Foi. Sensivelmente foi a mesma, a diferença foi pequena. Portanto, significa que perante o mesmo tipo de radiação aqueceram a mesma quantidade, viram a sua temperatura aumentada do mesmo valor. Então, em termos de emissão, dessa radiação, o que vai acontecer? Não há particularidade nenhuma para nenhum, eles absorveram da mesma forma.

R – tem a mesma facilidade ...

Prof. – em emitir.

R – Então a capacidade de absorver está relacionada com a de emitir.

Assim, a professora admitiu a existência da relação mas o aluno quase não contribuiu para essa conclusão, ainda incompleta. De certo modo, foi a própria professora que induziu a conclusão e o aluno parece que se rendeu à autoridade da professora. Na medida em que os outros alunos também não contribuíram para a elaboração da conclusão, foi considerada uma ocorrência no item B4, pois a aceitação do ponto de vista da professora parece não ter correspondido a uma atitude metacognitiva por parte dos alunos.

c) Os pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar manifestados na fase inicial mantiveram-se nas questões de relacionamento

Este tipo de caso ocorreu, nos grupos GFS1, GFS2 e GFS4, relativamente à absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto; no grupo GFS7, relativamente à emissão da radiação IV pelos corpos branco e preto; e em todos os grupos de trabalho, relativamente à absorção da radiação IV pelos corpos branco e polido. Para exemplificar vai ser referido o que se passou,

relativamente à absorção da radiação IV, na comparação dos corpos preto e branco no grupo GFS4, e na comparação dos corpos branco e polido nos grupos GFS5 e GFS6.

O grupo GFS4 apresentou, após a concretização da actividade sobre a absorção de radiação IV pelos os corpos preto e branco, um ponto de vista correcto mas fundamentado de um modo superficial, ao afirmar face ao gráfico: “verifica-se que tanto o corpo pintado de negro como o corpo pintado de branco aumentam de igual forma. Isto deve-se ao facto de que perante a radiação IV tanto o branco como o preto reagem de igual forma”. Posteriormente, durante as questões de relacionamento, ocorreu alguma discussão, na qual os alunos ainda mostraram dificuldades no que toca à fundamentação das conclusões, quer com radiação visível quer com radiação IV. De facto, os alunos afirmaram não saber fundamentar o seu ponto de vista sobre a absorção da radiação IV e tentaram explicar o que se tinha passado na actividade anterior com a radiação visível de um modo confuso, como se constata na sequência de intervenções que seguidamente se transcreve:

A1 – Com aquilo que me lembro quanto à radiação visível o corpo preto aquecia muito mais depressa o preto do que o branco e quanto à radiação IV igualmente os dois.

A2 – A3, que achas ?

A3 – Concordo com a A1

A1 – Eu acho que aquecia muito mais depressa o preto na radiação visível porque é um absorsor perfeito. Quanto a radiação IV não sei porque é que aquecem ao mesmo tempo.

A2 – Não aquecem ao mesmo tempo.

A1 – Sim. Aumentam continuamente igual os dois. Que fazemos? Escrevemos?

A2 - Vamos começar por escrever e dizer que o corpo pintado de negro é absorsor perfeito.

[...]

A1 - É assim, acho que não podemos dizer que é um absorsor perfeito porque não existe. É uma simulação de um corpo negro. Podemos dizer que é um bom absorsor.

Na sua segunda intervenção, a aluna A1 afirmou que não sabia explicar a razão pela qual, face à radiação IV, os corpos preto e branco apresentaram comportamento idêntico. Mas depois desta tentativa de explicar o que se passou com a radiação visível, voltaram a referir a radiação IV como se constata nas intervenções seguintes:

A1 - Quando a radiação é luz visível, imaginamos que estamos na rua e temos duas latas, a preta e a branca. A preta, a energia solar que incide nela é toda absorvida, não vai reflectir nada. Enquanto a branca reflecte todas as cores.

A2 - Reflecte a luz visível

A1 - Como a IV não são cores,

A2 - Quando ambos estão expostos à radiação IV ambos os corpos absorvem energia, mas isto acontece porque o corpo branco absorve a IV.

A3 - repetiu e escreveu

A2 - O corpo branco apenas reflecte as cores, a luz visível, e estas não existem na gama das IV.

Neste diálogo, a absorção da radiação IV pelo corpo branco foi fundamentada de um modo um pouco mais completo do que quando, pela primeira vez, analisaram os resultados da actividade, pois agora referem que o corpo branco só reflecte as componentes da luz visível que não existem na radiação IV. No registo escrito na ficha de trabalho as respostas às questões de relacionamento 4.1 e 4.2 estão incompletas porque não referem a absorção da radiação IV (em 4.1 referem apenas a absorção da radiação visível, e em 4.2 referem apenas a emissão da radiação IV). No entanto, a absorção da radiação IV é referida de um modo correcto nas questões 4.3 e 4.4. Assim, nas actividades de relacionamento, embora com respostas incompletas, as ideias sobre a absorção mantiveram-se correctas e foram mesmo um pouco mais fundamentadas durante a discussão.

Os grupos GFS5 e GFS6 constataram, após a actividade, que o corpo branco absorveu mais do que o polido e apresentaram uma interpretação superficial que mantiveram nas questões de relacionamento. Os alunos do grupo GFS5, depois de constatarem que a temperatura do corpo branco se elevou mais do que a do polido, apresentaram uma breve explicação: “Após 10 m, no corpo pintado de branco a temperatura aumentou porque este absorveu energia. Já no corpo polido como este não absorve energia mas reflecte-a a temperatura não aumenta tanto”. Este ponto de vista manteve-se nas questões de relacionamento. Embora apresente alguma falta de rigor, ao afirmar que o corpo polido não absorveu energia em vez de afirmar que absorveu muito pouco, este ponto de vista foi considerado concordante com o conhecimento escolar uma vez que na comparação com o corpo branco a resposta é correcta. Também no grupo GFS6 depois de realizada a actividade de absorção pelos corpos branco e polido os alunos constataram que a temperatura do corpo branco se elevou mais e apresentaram uma breve explicação: “O corpo branco absorve mais energia do que o corpo metálico polido porque este reflecte qualquer tipo de radiação, logo a temperatura do corpo polido é inferior à do corpo pintado de branco”. Nas questões de relacionamento mantiveram o mesmo tipo de interpretação.

d) Os pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar continuaram a manter-se nas questões de relacionamento

Para exemplificar este caso em que se pode considerar que não houve evolução vão ser utilizados os dois únicos grupos que apresentaram este tipo de percurso. O grupo GFS3 no que respeita à absorção e emissão da radiação IV pelos corpos branco e preto, e o grupo GFS5 apenas no que respeita à emissão pelos mesmos corpos.

No grupo GFS3 verificou-se uma prolongada discussão cuja análise mostra que existe uma aluna (M) que, apesar de se mostrar bastante confusa desde o início das actividades, consegue ter uma posição dominante no grupo. Por outro lado, há a destacar a posição de um dos alunos (R1) que apresenta uma posição crítica opondo-se ao ponto de vista da colega, mas sem conseguir evitar a posição dominante da mesma. De facto, logo no início, quando, com o objectivo de preparar os alunos para as actividades, se procedeu à recapitulação daquilo que já era conhecido sobre a absorção da luz visível, a aluna recusou-se a aceitar as objecções do colega como mostra o diálogo entre os dois alunos que seguidamente se transcreve:

M - No caso de dois corpos iguais. No caso da superfície polida suponho que a energia térmica, como é polida, reflecte em toda a superfície. Enquanto que se for um bocado irregular, haveria sempre pontos onde não bateriam os raios. Assim não havia absorção. Não absorvia tanto.

R1 - Não. Absorvia mais se não fosse polida.

M - Não! Acho que não! Imagina mesmo irregular, bate nuns sítios e noutros não bate porque é mais alto.

R1 - Bate em todos só que absorve mais do que reflecte.

M - Estou a falar de não polido.

R1 - absorve mais do que reflecte.

M - Não! Acho que não. O que se quer saber é absorção. Desculpa lá. A polida absorve mais.

Mais tarde, depois de obtidos os resultados da actividade relativa à absorção da radiação IV, registaram na ficha de trabalho o seguinte: "O corpo metálico pintado de branco absorveu mais radiação do que o corpo pintado de preto, embora a diferença seja reduzida. Apesar dos corpos reflectirem pouca radiação conclui-se que o corpo preto tem maior capacidade de reflectir a radiação IV". Como não especificaram as variações de temperatura, não ficou claro se, por distração, fizeram uma troca entre o branco e o preto, se foi apenas uma confusão da aluna que apresentou as respostas dadas à ficha de trabalho pelo grupo, ou se ocorreu alguma deficiência na realização da actividade. Os alunos também não interpretaram o facto de as temperaturas terem subido aproximadamente o mesmo em ambos os casos nem explicaram a razão pela qual afirmam que ambos os corpos reflectem pouca radiação.

No diálogo sobre a emissão a mesma aluna volta a mostrar-se confusa, e não dá atenção aos pontos de vista do colega, que não consegue acabar de expor as suas ideias, como se pode constatar na transcrição do fragmento de diálogo seguinte:

R1 – Reparámos que a temperatura da lata branca diminui menos do que a preta

M – Eu acho que no caso da caixa branca a radiação IV emitida foi menor visto haver uma menor diminuição da temperatura comparativamente com a preta que ao emitir mais radiação IV diminui mais a temperatura. Essa diminuição foi causada da seguinte maneira: temos a água

quente dentro da caixa, a água contém radiação IV que passa cá para fora. Ora sabemos que tem de atravessar a lata ...

R2 – A radiação tem que ser a mesma.

R1 – A radiação IV sai da lata. A energia é transferida para a lata

M – Sim. Mas não estamos a comparar a energia da lata. Estamos a comparar a energia da água, a temperatura da água que está dentro.

R1 – Pois mas ...

M – A temperatura da lata não comparamos.

R1 – Isto é a temperatura da lata ...

M – Não, isto é a temperatura da água que está dentro. Temos a lata. A lata pode estar quente ou fria, lá dentro temos a água. A água não absorve, emite radiação IV cá para fora que tem de passar pela caixa

R1 – Não tem a ver com a temperatura da água

M – A água não absorve emite

R1 – A água não emite a água transmite energia por condução. A lata transmite energia através da radiação IV

M – A água liberta energia IV que passa pela caixa e sai cá para fora quanto mais emite mais diminui a temperatura.

R1 – Sim , mas porque ...

M – Nos gráficos diz que a caixa preta emite Não. Diminui mais a temperatura do que a branca logo tinha que emitir mais radiação IV.

Na sua segunda intervenção o aluno parece tentar ir contra a ideia da colega que dizia que a água contém radiação IV, afirmando que é a lata que emite a radiação IV, e mais adiante na quinta intervenção reafirma a mesma ideia afirmando que a água transmitiu energia à lata que a contém. No entanto, a colega não lhe deu atenção. Posteriormente, mostra-se confusa, parece usar a palavra absorção para se referir à energia que ficou retida e não procura compreender a objecção que lhe foi colocada pelo colega, como se constata na sequência de intervenções que a seguir é apresentada.

M – Tinha-mos dito, em relação à absorção, que a preta absorve menos radiação IV que a branca, logo se tinha-mos dito que a preta absorvia menos radiação IV que a branca, nós podemos dizer que se absorve menos emite mais.

R1 – Não tem a ver com a absorção. Se repararmos a polida ... não é ...

M – Não estamos a falar da polida estamos a falar da branca e a preta .

[...]

M – Acho que neste caso, do preto e do branco, aquele que emite mais é aquele que absorve menos, está implícito. Quando emites muita coisa não emites tudo, emites uma parte e absorves outra. Se emites muito é porque absorves menos. Nas outras experiências tinha-mos visto que a preta absorve menos IV que a branca logo tinha que emitir mais, porque é a mesma que chega lá.

R1 – Tinha que emitir menos porque absorvia menos? Não pode absorver radiação que não recebe, é impossível.

M – É assim! As duas absorveram a mesma quantidade, uma absorveu mais e emitiu menos a outra absorveu menos e emitiu mais.

R1 – é impossível!

De facto, a aluna parece confundir os termos absorção e retenção quando afirma: “Aquele que emite mais é aquele que absorve menos, está implícito. [...] Nas outras experiências visto que a preta absorve menos IV que a branca logo tinha que emitir mais, porque é a mesma que chega lá”. Por sua vez, o aluno R1, ao responder que “tinha que emitir menos porque absorvia menos, não pode absorver radiação que não recebe, é impossível”, mostra que não teve em conta que as duas latas estão cheias com água à mesma temperatura inicial e parece pensar que a quantidade de radiação que foi absorvida por uma das latas foi superior à absorvida pela outra. Este aluno apresenta uma posição crítica mas não se mostra capaz de rebater as afirmações da colega.

No registo da ficha de trabalho, o grupo sobrevalorizou a diferença entre as latas branca e preta, quer na absorção quer na emissão, mas reconheceu a proximidade dos comportamentos, visto que nos textos escritos na ficha de trabalho registaram que “O corpo preto liberta mais energia do que o branco, ou seja, liberta mais radiação IV, o que significa que o corpo preto absorve menos radiação IV em comparação com o branco. A diferença, no entanto, é pequena”. Também no que diz respeito à emissão dos corpos branco e polido, após a actividade o grupo apresentou pontos de vista incorrectos, afirmando que, no caso do corpo polido, “a probabilidade da radiação IV se libertar e ser novamente absorvida por esse mesmo corpo (devido ao novo contacto) é menor que no corpo branco que é irregular [...] o que justifica a maior diminuição de temperatura do corpo polido”. Como não apresentam de modo explícito os dados referentes às variações de temperatura, não se percebe se é por engano que o grupo atribui maior emissão à lata polida, se realizaram as actividades de modo deficiente ou se procederam a um registo incorrecto dos dados da observação.

Por fim, nas questões de relacionamento, apesar de já terem afirmado que na absorção da radiação IV a diferença entre o corpo branco e o preto era pequena, voltaram a dar demasiada importância a essa diferença. De facto, na resposta à última das questões afirmam que “há uma relação entre a absorção de radiação IV e a sua emissão pelo menos é o que demonstra o caso do corpo branco e preto. Pois, neste caso, o branco absorve muita radiação e emite muita e o preto absorve pouca e emite pouca”. Deste modo, consideram, correctamente, que aquele que mais emite é o que mais absorve e que existe uma relação entre a capacidade de um corpo absorver radiação IV e a capacidade de a emitir, quando está a temperatura superior à do ambiente. No entanto, sobrevalorizam a pequena diferença entre o corpo branco e o preto, sem ponderarem o facto de já terem afirmado que a diferença era pequena, de certo modo mudaram de posição sem qualquer análise crítica consequente da afirmação anterior.

Assim, os alunos do grupo GFS3 nas suas posições finais não chegaram a concluir que ambas as latas (preta e branca) absorvem bem e emitem bem a radiação IV. Também não chegaram a alterar o ponto de vista apresentado após a actividade sobre a emissão dos corpos branco e polido, como já foi referido. O que se passou neste grupo poderá, em parte, ter decorrido da posição dominante da aluna M que não foi capaz de colocar em causa os seus pontos de vista. Face ao que ocorreu neste grupo torna-se necessário colocar a questão da eficácia do debate. Esta dificilmente poderá ser alcançada se não forem colocadas as questões adequadas no momento adequado e se a nova informação não for introduzida, também, no momento adequado. Se isto não acontece pode dar-se o caso de os alunos ficarem mais confusos do que ficariam se lhes fosse apresentada a informação sem qualquer oportunidade para discutirem os resultados das actividades.

O grupo GFS5, que apresentou uma discussão menos intensa do que a do grupo GFS3, no que respeita à emissão dos corpos branco e preto, também se enquadra neste mesmo tipo de percurso evolutivo que está a ser considerado. No entanto, ao contrário do grupo GFS3, as respostas às questões de relacionamento estão em parte correctas. O que se passou neste grupo tem um interesse particular por ter ocorrido uma situação em que decidiram rejeitar, de um modo explícito, os resultados obtidos, apesar de estes serem coerentes com o conhecimento escolar (item B2). Na verdade, o resultado obtido por este grupo relativamente à emissão de radiação IV, na comparação do comportamento das latas branca e a preta, mostrou o comportamento idêntico das duas latas, mas esse resultado foi rejeitado por uma aluna que afirmou: “O branco e o preto ficaram iguais. Deve ter corrido alguma coisa mal. O que devia ter acontecido era a caixa metálica preta devia diminuir a temperatura mais rápido já que o preto absorve e depois volta a emitir”. Esta rejeição dos resultados foi aceite pelos alunos do grupo.

Acontece, ainda, que o facto de não aceitarem a igualdade do comportamento das duas latas na emissão, poderá ter levado a repetir a experiência ou a aperceberem-se de uma diferença nas temperaturas. Na verdade, os valores numéricos dos decréscimos de temperatura que os alunos registaram na ficha de trabalho, apesar de não serem muito diferentes, correspondem a uma maior emissão por parte da lata preta. Esses valores também mostram que os alunos não tiveram o cuidado de iniciar a actividade com os corpos à mesma temperatura. Note-se que este facto poderá estar relacionado com a diferença que foi encontrada pelos alunos e com base na qual concluíram que a preta emitiu mais.

Posteriormente, na questão 4.2, os alunos ainda afirmaram que o corpo preto emite mais radiação IV e que também absorve mais, sem reconhecerem, nem na emissão nem na absorção, o comportamento idêntico que já tinha sido constatado para o caso da absorção, na questão 4.1. Deste modo, no que toca à absorção, este grupo constitui exemplo de um caso de regressão que se integra no tipo de evolução que seguidamente é referido.

e) O grupo regrediu apresentando pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar nas actividades de relacionamento

O grupo GFS5, logo após a actividade sobre absorção dos corpos branco e preto, tinha apresentado uma interpretação concordante com o conhecimento escolar, mas em parte das actividades de relacionamento o grupo passou a apresentar pontos de vista não aceitáveis. De facto, na resposta à questão 4.2, contrariou não só o modo como tinham interpretado os resultados após a actividade sobre a absorção mas também a resposta à primeira questão de relacionamento (4.1) em que já tinha sido afirmado o comportamento idêntico dos corpos branco e preto na absorção da radiação IV.

Este facto poderá decorrer de não terem sido justificadas, com suficiente profundidade, as conclusões das actividades sobre absorção. Na verdade, o grupo tinha apresentado apenas os resultados obtidos e uma explicação muito superficial dos mesmos afirmando que “o branco e o preto ficaram parecidos o polido foi o que ficou com temperatura mais baixa” e registando na ficha de trabalho que “ambos os corpos (preto e branco) atingiram a mesma temperatura após os 10 min. [...] já no corpo polido como este não absorve energia mas reflecte-a a temperatura aumentou mas não tanto como no outro caso”. Se as conclusões relativas à absorção tivessem sido devidamente discutidas e justificadas com mais profundidade, talvez não tivesse ocorrido esta regressão. De um modo geral pode dizer-se que, neste grupo de trabalho, nos registos escritos, predominam constatações de resultados, com pormenores dos valores das temperaturas mas sem explicações ou com explicações muito sumárias e com linguagem incorrecta.

Em resumo, pode dizer-se que no grupo de investigação FS, as conclusões/interpretações não concordantes com o conhecimento escolar, que de início se verificaram em todos os grupos de trabalho, foram mais frequentes no que diz respeito à emissão do que à absorção da radiação IV e mais frequentes na comparação entre as latas branca e preta do que na comparação entre as latas branca e a polida. Nas respostas às questões de relacionamento, na maioria dos grupos de trabalho

do grupo de investigação FS, as interpretações incorrectas não foram totalmente revistas. Esta falta de revisão aconteceu em quatro dos grupos, relativamente à emissão dos corpos branco e polido, e em dois dos grupos, relativamente à absorção e emissão dos corpos branco e preto.

A falta de atenção às condições iniciais poderá ter contribuído para que, em dois dos grupos de trabalho, os alunos não se apercebessem de que os corpos preto e branco emitiram praticamente a mesma quantidade de radiação IV e para que, em quatro dos grupos de trabalho, os alunos não se apercebessem de que o corpo polido emitiu menos do que o corpo branco.

Com base nas gravações, pode afirmar-se que, na maioria dos grupos de trabalho deste grupo de investigação, as questões foram pouco debatidas pelos alunos. Os grupos GFS3 e GFS6 constituem uma excepção. No grupo GFS3 o debate ocorreu entre alunos e no grupo GFS6 entre alunos e professora. Neste último grupo, apesar de não ser possível avaliar, com rigor, o grau de compreensão com que os alunos aderiram ao ponto de vista da professora, admitiu-se, com alguma reserva, que a discussão contribuiu para a evolução do grupo. De facto, nas questões de relacionamento, com excepção de uma resposta confusa (obtida para a questão 4.3), foram apresentados pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar. Pelo contrário, tendo em conta as respostas dos alunos nas questões relacionamento, parece que se pode concluir que no grupo GFS3, a discussão não terá contribuído para a clarificação de ideias dos alunos, pois não se verificou evolução. Neste grupo de trabalho, como foi referido, o debate teve lugar entre alunos e foi dominado por uma aluna que conseguiu impor-se apesar de se mostrar bastante confusa.

4.4.3.2. Análise das práticas argumentativas no grupo FS

A análise das práticas argumentativas foi desenvolvida seguindo a mesma linha de orientação adoptada para os grupos AT e AS. Assim, para proceder a esta análise, foram consideradas apenas as sequências de intervenções em que existiu discussão de pontos de vista entre alunos ou entre estes e o professor. Nestas sequências foram identificados os fragmentos que podiam corresponder a argumentos individuais ou co-construídos, completos e incompletos (parcelas de argumentos), de acordo com as categorias definidas no ponto 3.9.3. Na tabela 22 apresenta-se, para cada grupo de trabalho, o número de argumentos e parcelas de argumentos identificados e classificados em cada uma das cinco categorias usadas na análise.

Tabela 22

Argumentos e parcelas de argumentos apresentados em cada grupo de trabalho do grupo FS (f)

	GFS1	GFS2	GFS3	GFS4	GFS5	GFS6	GFS7	Total
CC-C								
CC-F			1					1
CC-E	1		2		1			4
IC-F	1	2	2	1				6
IC-E			1	1		2	2	6
Total	2	2	6	2	1	2	2	17

Constata-se que, em todos os sete grupos, se verificou a existência de práticas argumentativas ainda que acompanhadas de falhas. De facto, não foi apresentado nenhum argumento na categoria CC-C (completo com os três elementos de um argumento correctamente relacionados e com conteúdos correctos) e foram apresentados apenas cinco argumentos completos, um na categoria CC-F (completo com os três elementos correctamente relacionados e com conteúdos correctos mas com falhas) e quatro na categoria CC-E (completo com os três elementos correctamente relacionados mas com conteúdos incorrectos dando origem a conclusões incorrectas). Seguindo o mesmo procedimento que foi usado para os grupos AT e AS, para clarificar a classificação dos argumentos e parcelas de argumentos, de acordo com as categorias, vão ser apresentados alguns exemplos.

No grupo GFS3 foi apresentado um argumento em que um aluno relacionou correctamente os três elementos de um argumento e que foi classificado na categoria CC-F. Trata-se de uma situação, já referida no ponto 4.4.3.1, em que o aluno, opondo-se a uma das colegas, explica o que se passa no decorrer da actividade de emissão e clarifica que a energia é radiada a partir da lata. No entanto, nessa explicação, o aluno não faz qualquer referência ao significado físico de temperatura (energia cinética de vibração das partículas) e não refere o contacto entre a água e a lata para relacionar as temperaturas de ambas, como se pode constatar no esquema da figura 23.

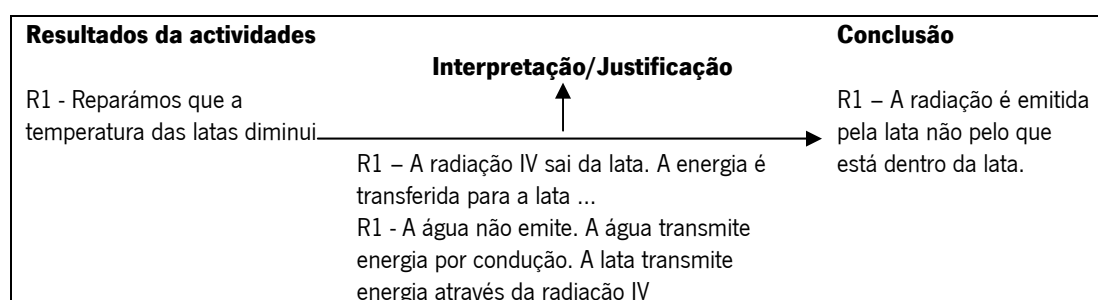


Figura 23 - argumento apresentado por um aluno no grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre a emissão

Neste mesmo grupo, uma aluna, sem dar atenção ao facto de a diferença de temperaturas entre as duas latas ser pequena, defendeu a maior emissão por parte da lata preta, apresentando um argumento que foi considerado completo e que está representado no esquema elaborado com base no modelo de Toulmin (1958), que é apresentado na figura 24.

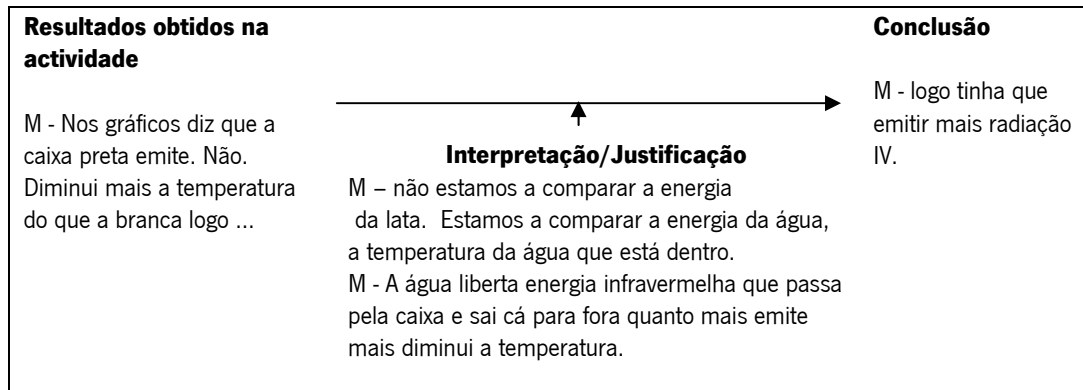


Figura 24 - argumento apresentado por uma aluna no grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre a emissão

A sobrevalorização da pequena diferença de temperaturas conduziu a uma conclusão que também sobrevalorizou a emissão de radiação IV por uma das latas. Esta conclusão, embora coerente com a interpretação que os alunos fizeram dos resultados, mostra uma ausência de reflexão sobre os valores obtidos, da qual resultou uma interpretação que não teve em conta a proximidade dos dois valores. Por isso, o argumento foi incluído na categoria CC-E.

A mesma aluna defendeu, desde o início da discussão, a ideia de que a maior rugosidade da superfície exterior do corpo podia dificultar a emissão. No registo da ficha de trabalho, constata-se que, na comparação entre os corpos branco e polido, o grupo aceitou consensualmente o ponto de vista da aluna que, com base na menor rugosidade do corpo polido, defendeu que o corpo polido emite mais do que o branco. Após a actividade, face ao resultado obtido, consideraram este ponto de vista confirmado. Os alunos poderão ter obtido esse resultado por trabalharem em condições deficientes, possivelmente sem o controlo da temperatura inicial, e não deram atenção às condições em que obtiveram esse resultado. Tendo em conta que conclusão não é correcta, mas que os elementos do argumento estão relacionados de um modo lógico, o argumento foi incluído na categoria CC-E e está representado no esquema da figura 25.

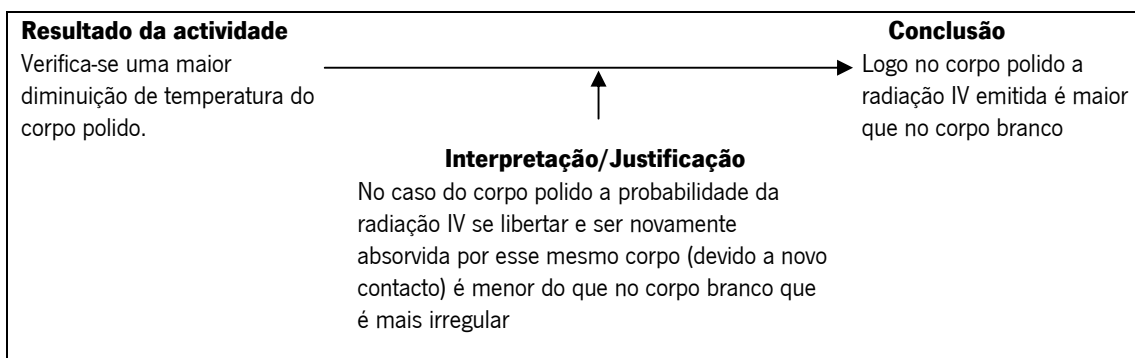


Figura 25 - argumento apresentado pelo grupo GFS3 após a actividade sobre emissão no registo da ficha de trabalho

No grupo GFS5, como foi referido no ponto 4.4.3.1, existe uma situação em que os alunos rejeitaram o resultado de uma actividade apesar de se tratar de um resultado coerente com o conhecimento escolar. Na verdade, o resultado obtido, relativamente à emissão de radiação IV pelas latas branca e a preta, mostrou o comportamento idêntico das duas latas. Contudo, com base na ideia prévia sobre a maior absorção por parte do corpo preto que ainda não teria sido erradicada, a proximidade dos dois comportamentos foi rejeitada por um aluno que formulou o argumento representado através do esquema da figura 26.

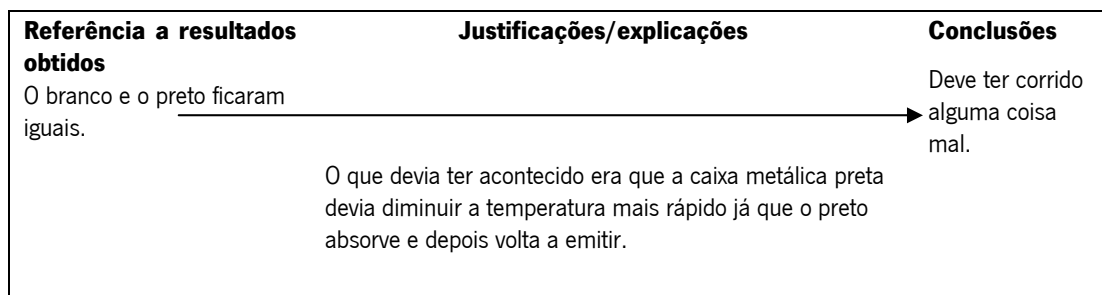


Figura 26 - argumento apresentado por uma aluna no grupo GFS5 após a actividade laboratorial sobre a emissão

Dado que a conclusão coerente com a ideia prévia não pode ser considerada correcta e que a fundamentação tem subjacente uma ideia que contraria a proximidade dos comportamentos já constatado no resultado da actividade anterior, o argumento foi incluído na categoria CC-E.

As parcelas de argumentos que foram classificadas como argumentos incompletos, em que estão presentes apenas dois dos elementos base cujos conteúdos apresentam incorrecções

(categoria IC-F) ou que apresentam conclusão incorrecta (categoria IC-E), foram as que ocorreram em maior número e também em mais grupos de trabalho.

No grupo GFS3, uma aluna procurou defender que o corpo que emite mais absorve menos, através de uma prolongada e confusa tentativa de argumentação, em que parece designar por energia absorvida aquela que não foi emitida. As intervenções da aluna ocorreram num diálogo com um colega que defendeu o ponto de vista contrário como já foi referido na descrição do percurso evolutivo deste grupo, no ponto 4.4.3.1. No decorrer da sua tentativa de argumentar, a aluna apresenta uma conclusão correcta ao afirmar que nem toda a energia contida na água foi emitida, como está representado no esquema da figura 27.

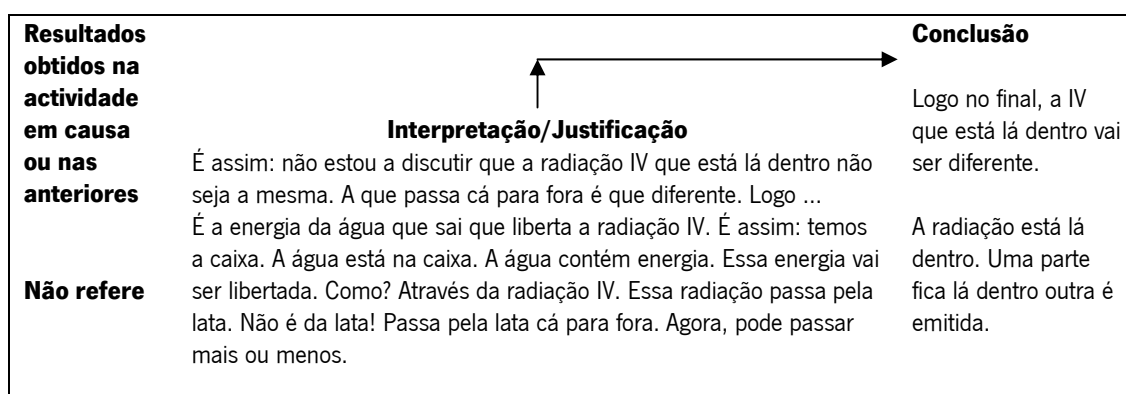


Figura 27 - argumento apresentado por uma aluna no grupo GFS3 durante a actividade laboratorial sobre a emissão

Assim, embora de um modo algo confuso em que parece confundir a energia transmitida por condução com a energia emitida pela lata, a aluna apresentou uma justificação. Dado que, a aluna não fez referência aos resultados obtidos em qualquer das actividades, o argumento foi considerado incompleto. Por estas razões a parcela de argumento foi incluída na categoria IC-F.

No grupo GFS4, durante a reflexão que realizaram sobre a actividade de absorção da radiação IV pelos corpos branco e preto, duas alunas explicaram essa actividade e tentaram fundamentar, em conjunto, a conclusão de que ambos os corpos absorvem a radiação IV, mas sem fazerem qualquer referência às temperaturas próximas que os dois corpos atingiram durante a actividade. Por se tratar de uma sequência de intervenções em que não existe referência a um dos elementos base, mas que inclui uma conclusão correcta, fundamentada pelas intervenções das duas alunas, a argumentação foi classificada na categoria IC-F. As intervenções das duas alunas estão representadas no esquema da figura 28.

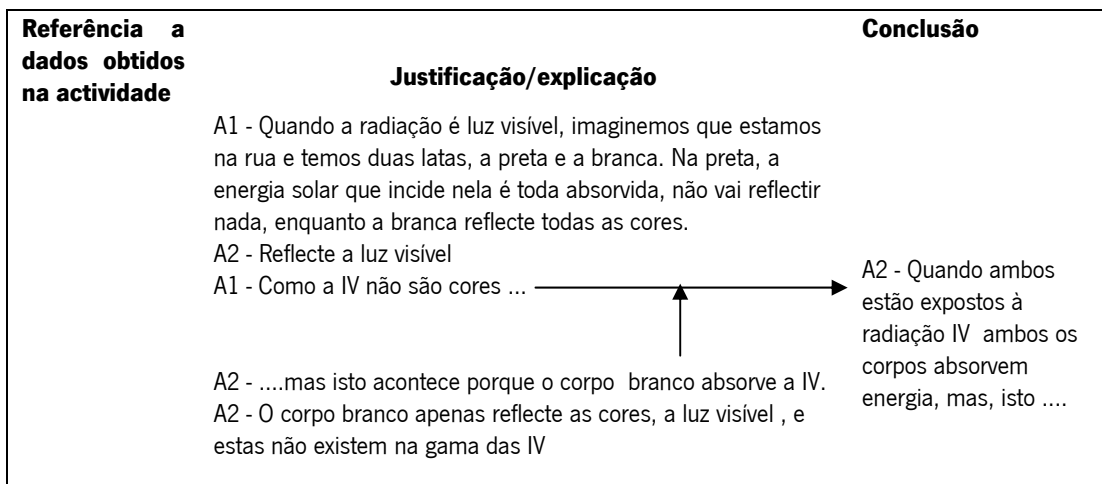


Figura 28 - representação esquemática de uma sequência de intervenções apresentada no grupo GFS4 após a actividade sobre absorção da radiação IV

No mesmo grupo GFS4, foi constatada a existência de uma situação em que, apesar de uma das alunas se ter lembrado que os corpos branco e preto apresentaram igual comportamento na absorção da radiação IV, a outra aluna não deu atenção ao facto de, no arrefecimento, também ser pequena a diferença de temperaturas entre esses mesmos dois corpos. Esta última aluna (A1), com base na leitura que fez dos dados, apresentou uma conclusão não fundamentada em que afirmou que o corpo preto emite com mais facilidade do que o branco, como se pode constatar na sequência de intervenções que a seguir é apresentada.

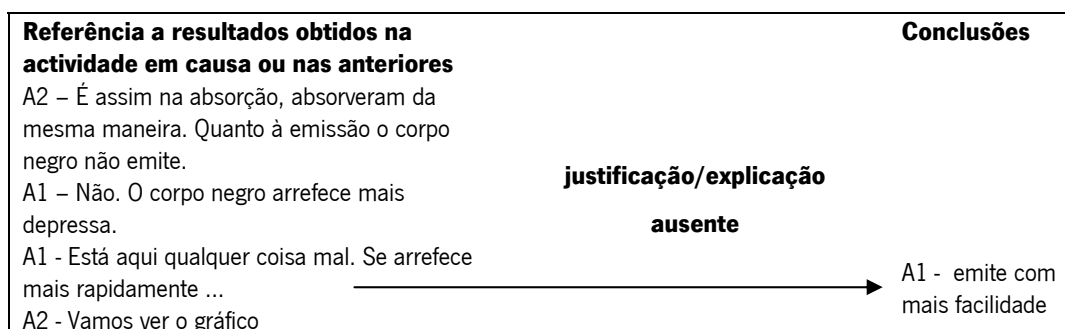


Figura 29 - representação esquemática de uma sequência de intervenções apresentada no grupo GFS4 após a actividade laboratorial sobre a emissão

Dado que foi sobrevalorizada a pequena diferença de comportamento entre o corpo branco e o preto, mas que existe coerência entre a conclusão da aluna A1 e a leitura que foi feita dos dados,

considerou-se que as intervenções desta aluna constituem um argumento incompleto, classificado na categoria IC-E. Posteriormente a aluna A2 solicitou a análise do gráfico relativo à emissão mas foi a conclusão da aluna A1 que o grupo registou na ficha de trabalho. Só, mais tarde, nas actividades de relacionamento, vieram a reconhecer o comportamento idêntico dos corpos preto e branco.

Na globalidade, pode dizer-se que no grupo de investigação FS muitos dos argumentos elaborados apresentam conclusões incorrectas, apesar da interpretação dos resultados ter sido pedida já depois de executadas as actividades. Na maioria dos grupos de trabalho quase não houve discussão dos resultados, possivelmente devido ao facto de não ter sido solicitada a formulação de previsões. No grupo GFS3, que constitui uma excepção, os resultados foram muito discutidos. Todavia, ainda subsistiram pontos de vista incorrectos nas questões de relacionamento. Como foi referido no ponto anterior, a propósito da evolução do grupo de trabalho GFS3, a discussão que nele teve lugar não terá contribuído para a clarificação de ideias dos alunos.

4.4.4 Comparação dos três grupos de investigação no que respeita às interações verbais e práticas argumentativas

Comparando os quadros 9, 11, e 13, é possível constatar alguns aspectos comuns aos três grupos de investigação. Um destes aspectos é o facto de a maioria dos pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar (nas previsões, após as actividades ou nas questões de relacionamento) dizerem respeito às comparações entre os corpos preto e branco na emissão de radiação IV. Outro aspecto comum, diz respeito à absorção da radiação IV pelas latas branca e polida, para a qual todos os grupos de trabalho dos grupos de investigação AT e AS, mesmo antes da realização das actividades, já tinham apresentado previsões compatíveis com o conhecimento escolar, e todos os grupos de trabalho do grupo de investigação FS apresentaram interpretações correctas imediatamente após a realização das actividades.

Relativamente à emissão da radiação IV pelos corpos branco e polido, ao contrário do que se passou nos grupos de investigação AT e AS, nos quais a maioria dos grupos de trabalho apresentou previsões concordantes com o conhecimento escolar ou as corrigiu após as actividades, no grupo de investigação FS quatro dos grupos (GFS1, GFS2, GFS3 e GFS6) apresentaram interpretações não aceitáveis, após as actividades, e, como já foi referido, não voltaram a pronunciar-se sobre elas nas questões de relacionamento.

Também se pode verificar nos mesmos quadros que, nos três grupos de investigação, persistiram pontos de vista não concordantes com o conhecimento escolar nas respostas às questões de relacionamento. No entanto, isto aconteceu de um modo não igualmente acentuado. De facto, as manifestações de tais pontos de vista, nas questões de relacionamento, ocorreram no grupo de investigação AS apenas em um único dos grupos de trabalho, o que corresponde apenas a 14% dos grupos; no grupo de investigação AT ocorreram em quatro dos dez grupos de trabalho o que corresponde a 40% dos grupos; no grupo de investigação FS verificou-se em dois dos sete grupos de trabalho, o que corresponde a 29 % dos grupos. No caso do grupo FS há ainda que considerar que quatro dos grupos (57 %) não fizeram qualquer referência à emissão dos corpos branco e polido nas questões de relacionamento e, portanto, não há registo de qualquer alteração dos pontos de vista incorrectos anteriormente manifestados. Assim, pode considerar-se que no grupo de investigação FS existem mais situações em que os alunos não corrigiram os seus pontos de vista e que a diferença entre este e o grupo AS é bastante acentuada. Este facto parece estar relacionado com a circunstância de em alguns grupos de trabalho do grupo de investigação FS os alunos discutirem menos do que nos grupos de trabalho dos grupos de investigação AT e AS.

A análise das interacções verbais dos alunos, nos três grupos de investigação, mostrou que algumas das interpretações não concordantes com o conhecimento escolar, apresentadas após as actividades, estão relacionadas com as ideias prévias, e algumas outras com uma execução deficiente das actividades, decorrente da falta de atenção dada às condições iniciais. De facto, nos três grupos de investigação, constata-se que as ideias prévias tiveram influência na interpretação dos resultados, visto que, em vários grupos, foi feita uma leitura dos resultados favorável a essas ideias prévias. Também se constata que não foi prestada a devida atenção às condições iniciais, visto que a maioria dos grupos de trabalho não apresentou, de modo explícito, o facto de, nas actividades realizadas, todas as latas estarem à mesma temperatura inicial e, em alguns dos casos em que as temperaturas iniciais foram referidas, constatou-se que não tiveram cuidado de iniciar a actividades com os três corpos à mesma temperatura.

Em todos os três grupos de investigação, as conclusões/explicações concordantes com o conhecimento escolar que os grupos de trabalho apresentaram nos seus registos, nem sempre foram acompanhadas de discussão. Por vezes surgiram logo que foram observados os resultados das actividades, sem discussão e acompanhados de explicações sumárias. Noutros casos, após as actividades laboratoriais, alguns grupos mantiveram pontos de vistas não aceitáveis e só os conseguiram alterar quando voltaram a debater o assunto. Este facto mostra que, nestes grupos, a

insistência na discussão contribuiu decisivamente para que viesse a ser assumido um ponto de vista correcto. No entanto, no grupo de investigação FS, um dos grupos em que a discussão foi mais intensa (GFS3) ainda apresentou pontos de vista incorrectos nas respostas às questões de relacionamento. Algo de idêntico aconteceu com alguns grupos de trabalho dos grupos AT e AS, visto que quatro dos dez grupos de trabalho do grupo de investigação AT e um dos sete grupos de trabalho do grupo de investigação AS também apresentaram pontos de vista incorrectos nas respostas às questões de relacionamento. Acresce a estes factos que em grupos em que a discussão foi intensa (GAT1 e GAT2) ocorreram situações em que a dinâmica do grupo conduziu ao abandono de pontos de vista individuais concordantes com o conhecimento escolar, a favor de pontos de vista incorrectos (item B5). Em todos estes casos, parece que a discussão dos resultados obtidos nas actividades laboratoriais não conduziu a conclusões válidas.

Por outro lado, nos casos em que para alcançarem pontos de vista correctos foi necessária uma discussão mais prolongada nem sempre a fundamentação das conclusões foi mais completa. Em alguns casos a fundamentação foi superficial, e não se pode considerar que tenha sido apresentada uma fundamentação teórica pois os alunos quase se limitam a descrever os resultados obtidos. Dado que a elaboração de uma explicação descritiva é facilitadora de outro tipo de explicações, sendo, frequentemente, um dos primeiros passos para a produção de uma série de explicações de tipo mais avançado (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998), essa descrição podia ser o primeiro passo para uma explicação. No entanto, isso nem sempre aconteceu, o que não surpreende se for tido em conta que a investigação sobre a argumentação dos estudantes tem identificado padrões de argumentação nos quais os estudantes tendem a produzir argumentos com uma estrutura simplista ou tendem a produzir argumentos em que falha a justificação suficiente (Sampson e Clark, 2008). A maior ou menor profundidade das interpretações alcançadas dependeu quer das intervenções dos professores quer de alunos que em alguns casos contribuíram para aprofundar as interpretações e, noutros casos, para estabelecer a confusão entre colegas.

Os grupos AT e AS apresentam algumas ocorrências em alguns itens do segundo nível, que evidenciam capacidade de reflexão crítica ou capacidade metacognitiva dos alunos. Pelo contrário, com excepção do item D2, o grupo FS não apresenta qualquer ocorrência para os outros itens referentes a este nível. Sendo assim, tais ocorrências são menos frequentes no grupo FS. No entanto, em qualquer dos três grupos de investigação, nem antes nem depois dos debates se pode afirmar que os alunos da maioria dos grupos de trabalho tenham apresentado um considerável desenvolvimento da sua capacidade de reflexão crítica ou da sua capacidade metacognitiva. Tendo

em conta Von Aufschnaiter et al. (2008) uma das razões que poderia ser apontada para esta falta de desenvolvimento, poderia ser o facto de alguns alunos não possuírem o conhecimento básico necessário para discutirem as questões em causa. Acresce que se for tido em conta o conceito de zona próxima de desenvolvimento e a possibilidade de expandir o conhecimento a partir desta zona (Vygotski, 1962), toda a tentativa de desenvolver o conhecimento através da argumentação deve estar relacionada com o conhecimento que os alunos já possuem. Esta preocupação esteve presente na elaboração da proposta de actividades a realizar pelos alunos, visto que a primeira actividade, constante da ficha número quatro, foi uma actividade de recapitulação do conhecimento que os alunos já possuíam. Por isso, é de admitir que a razão pela qual a discussão não contribuiu para que fosse atingido o nível desejado de reflexão crítica não terá sido a falta do conhecimento básico necessário. Talvez tenha acontecido que, em alguns casos, a discussão não foi suficiente, e noutros casos a discussão não foi eficaz (visto que, apesar de uma prolongada discussão, os alunos não alcançaram explicações congruentes com o ponto de vista científico através da discussão), e de, ainda em outros casos, os alunos não terem sentido a necessidade de fundamentar as suas conclusões/explicações.

No que diz respeito ao número de argumentos apresentados, verifica-se que, no grupo de investigação AT, foram apresentados 29 argumentos no total de 10 grupos de trabalho, no grupo AS foram apresentados 16 em sete grupos de trabalho e o grupo FS apresentou 17 em sete grupos de trabalho. Assim, a média de argumentos por cada grupo de trabalho é ligeiramente superior no grupo AT (2,9), e bastante próxima nos grupos AS (2,3) e FS (2,4).

Por outro lado há que considerar a categoria dos argumentos apresentados. É necessário ter em conta que nas categorias em que a conclusão não é correcta à luz do conhecimento cientificamente aceite (CC-E e IC-E), os elementos estão relacionados de um modo coerente, do ponto de vista lógico, mas do ponto de vista científico o relacionamento não é válido. Sendo assim, não se pode tratar de um bom argumento, pois as ligações entre as afirmações que constituem os elementos de um argumento, como é óbvio, constituem uma das componentes da construção de um bom argumento (Kelly & Takao, 2003). Na categoria IC-F, dada a falta de um dos elementos, tem-se apenas uma parcela de um argumento. Apenas na categoria CC-F se encontram argumentos com os três elementos relacionados de modo coerente, e que embora possam incluir falhas apresentam uma conclusão correcta. No que diz respeito ao número de argumentos com conclusões correctas, verificou-se a existência de uma média por grupo de trabalho mais elevada no grupo AS (1,6), seguiu-se o grupo AT com um valor não muito afastado (1,4) e, por fim, o grupo FS com o

valor mais baixo (1,0). Estes factos apontam no sentido de que a metodologias adoptadas nos grupos AT e AS terão sido mais adequadas para promover a discussão do que aquela que foi adoptada no grupo FS, e que no grupo AS a discussão terá sido mais eficaz do que no grupo AT. Acresce que, se forem considerados os argumentos completos com conclusões correctas, estes são em número de oito no grupo AS, dois no grupo AT e apenas um no grupo FS, o que reforça a conclusão de que no grupo AS a discussão terá sido mais eficaz. Este resultado era de esperar dado que as actividades com elevado grau de abertura exigem que os alunos discutam e argumentem e que os sensores ao libertá-los de algumas tarefas, criam melhores condições para que essa discussão ocorra.

A formulação de argumentos na categoria CC-C (argumentos completos, com os elementos correctamente relacionados e com conclusão concordante com o conhecimento escolar) implicaria uma fundamentação correcta do ponto de vista científico, embora ao nível a que se supõe que esse conhecimento seja abordado no âmbito do conhecimento escolar. No entanto, em muitos casos, os alunos fizeram uma passagem directa dos dados para a conclusão, parecendo que eles adoptam a perspectiva referida por Watson e Swain (2004) de que dados e conclusão são mesma coisa. Alguns dos conceitos abordados não são fáceis para os alunos como sugere o estudo realizado por Peixoto (1996). De facto, a fundamentação das conclusões apresentadas pelos alunos, na maioria dos casos, foi classificada como superficial porque quase se limitou à descrição dos resultados obtidos sobre a temperatura dos corpos e a uma afirmação sobre a absorção ou emissão de energia. A tarefa de formular argumentos cientificamente correctos implica a realização de uma abstracção a partir dos dados concretos, para obter uma conclusão de carácter geral. Esta tarefa requer passos intermédios, pois os factos tem que ser hierarquizados desde os mais descritivos até aos mais gerais através de uma abstracção progressiva (Kelly & Takao, 2003). Estes passos não foram trilhados pelos alunos, na maioria dos casos, tendo como consequência a ausência de níveis de argumentação elevados e, também, a escassez de interacções verbais evidenciando metacognição.

As conclusões da análise das interacções verbais e das práticas argumentativas que acabam de ser apresentadas, ocorridas durante as actividades constantes da ficha número quatro, mostraram-se convergentes com as conclusões da análise das respostas às questões do questionário (11, 12 e 13) que também incidiram sobre o assunto abordado na ficha número quatro. Como foi referido aquando da apresentação dos resultados obtidos através do questionário, os grupos que realizaram actividades laboratoriais com elevado grau de abertura (AT e AS) apresentaram, nas respostas a estas questões, maior percentagem de respostas com melhoria do que o grupo FS. Todavia, a

diferença entre os três grupos não foi tão acentuada como nas respostas às outras questões do questionário. Essa menor diferença pode ser uma consequência do facto de o assunto em causa ter sido tratado e discutido em todos os três grupos não apenas aquando da realização das actividades laboratoriais (em condições que variam de grupo para grupo) mas também da realização de actividades de reflexão sobre os resultados dessas actividades em condições que foram semelhantes nos três grupos.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

5.1. Introdução

Pretendeu-se, com a consecução desta tese, alcançar os objectivos apresentados no primeiro capítulo, respondendo às questões de investigação aí colocadas em estreita articulação com eles. Neste capítulo apresentam-se as conclusões gerais (5.2) da análise dos resultados obtidos através do questionário utilizado como pré-teste e pós-teste, bem como da análise das interacções verbais e das práticas argumentativas que ocorreram durante a execução, pelos alunos, de actividades laboratoriais com graus de abertura e recursos tecnológicos que variaram de grupo para grupo. De seguida, discutem-se as implicações que os resultados deste trabalho de investigação trazem para a educação em ciências (5.3). Por último, apresentam-se algumas sugestões para posteriores trabalhos de investigação (5.4), relacionados com a temática abordada nesta tese.

5.2. Conclusões

Nesta secção sintetizam-se as conclusões da investigação realizada em estreita associação com os objectivos e as questões de investigação formuladas.

O primeiro objectivo centrava-se nos efeitos do grau de abertura das actividades laboratoriais, em que foi usado o SATD para recolha de dados, na apropriação do conhecimento científico pelos alunos, na compreensão de conceitos associados à argumentação em ciências e nas interacções verbais e práticas de argumentação. Para a prossecução deste objectivo foram formuladas três questões, às quais se procurou responder comparando os resultados obtidos pelos dois grupos que utilizaram o SATD, mas tendo um realizado actividades com elevado grau de abertura (AS) e outro (FS) actividades fechadas, ou seja, com baixo grau de abertura.

- Relativamente à primeira questão de investigação (O grau de abertura das actividades influencia a aprendizagem dos conceitos pelos alunos?), os dados recolhidos através da primeira parte do questionário, para os grupos AS e FS, apresentados no subcapítulo 4.2, sugerem que o grupo o grupo FS, que usou actividades fechadas e sensores evoluiu menos do que o grupo AS que usou actividades abertas e sensores. Parece, portanto, que o grau de

abertura das actividades influenciou o desenvolvimento conceptual dos alunos, sendo este maior no grupo que realizou actividades com maior grau de abertura.

- Relativamente à segunda questão de investigação (O grau de abertura das actividades influencia o desenvolvimento das ideias dos alunos relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências?), os dados recolhidos através da segunda parte do questionário e apresentados no capítulo IV, no ponto 4.3.6, sugerem que os alunos do grupo AS evoluíram mais do que o grupo FS, pois os acréscimos na percentagem de respostas na categoria I (para quatro dos conceitos hipótese, teoria, conclusão e argumento) e na categoria M (para o conceito de evidência) são superiores para o grupo AS. Em termos dos elementos definidores no grupo AS verificou-se um aumento considerável no número de alunos que referem dois elementos definidores para cada um dos quatro conceitos (hipótese, teoria, argumento e evidência). No grupo FS, apenas relativamente a dois conceitos (hipótese e conclusão) e a um dos elementos definidores, se verifica a existência de um aumento considerável no número de alunos que os referem. Parece, portanto, que o grau de abertura das actividades laboratoriais favoreceu o grupo que usou actividades abertas no que respeita ao domínio de conceitos relacionados com a argumentação.
- Relativamente à terceira questão de investigação (O grau de abertura das actividades favorece a qualidade das interacções verbais e práticas argumentativas entre os alunos?), os dados recolhidos através da análise apresentada no subcapítulo 4.3, das interacções verbais e práticas argumentativas que tiveram lugar durante a execução das actividades laboratoriais seleccionadas para o efeito, sugerem o seguinte:
 - O grupo AS evoluiu mais do que o grupo FS, no que diz respeito aos pontos de vista consensuais apresentados durante as actividades da ficha número quatro seleccionadas para análise. De facto, no grupo FS, constata-se que o número de grupos de trabalho que não corrigiram os seus pontos de vista iniciais é superior ao do grupo AS, sendo que uns grupos mantêm, conscientemente, os seus pontos de vista incorrectos e outros grupos (quatro) ignoram os pontos de vista incorrectos anteriormente apresentados.
 - No grupo AS, os argumentos apresentados pelos alunos mostraram-se qualitativamente superiores aos do grupo FS. De facto, e embora a média do número de argumentos, por grupo de trabalho, seja próxima nestes dois grupos e, até, ligeiramente superior no grupo FS, a média do número de argumentos, por

grupo de trabalho, com conclusão correcta foi mais elevada no grupo AS do que no grupo FS.

- Parece, portanto, que o grau de abertura das actividades laboratoriais favoreceu a construção de consensos compatíveis com o conhecimento escolar e o desenvolvimento de competências argumentativas dos alunos de tal modo que os que usaram actividades abertas, argumentam melhor.

Assim, parece que se pode concluir, com base na análise comparativa dos resultados dos grupos AS e FS, que o grau de abertura das actividades teve uma influência positiva na apropriação dos conteúdos curriculares abordados pelos alunos, no desenvolvimento das ideias dos alunos relativamente aos conceitos relacionados com a argumentação em ciências, bem como na qualidade dos argumentos por eles apresentados.

O segundo objectivo centrava-se nas consequências da utilização do SATD, por comparação com a utilização do termómetro, para efeitos de recolha de dados. Para a prossecução deste objectivo foram formuladas três questões. Para responder a estas questões foi necessário comparar os resultados obtidos por alunos que realizaram actividades com elevado grau de abertura e utilizaram o SATD (AS), com os resultados obtidos por outros alunos que também realizaram as mesmas actividades, igualmente abertas, mas utilizaram instrumentos de medida tradicionais (AT), ou seja, termómetros.

- Relativamente à primeira questão formulada para este objectivo (O uso do STAD favorece a aprendizagem dos conceitos pelos alunos?), os dados recolhidos através da primeira parte do questionário, para os grupos AS e AT, e apresentados no subcapítulo 4.2, sugerem que entre os grupos AT e AS não parecem existir diferenças indicadoras de que qualquer um dos grupos tenha obtido melhores resultados. De facto, em relação a algumas das questões, o grupo AT obteve melhores resultados do que o grupo AS; em relação a outras, aconteceu o contrário; e, ainda, em relação a outras, os dois grupos apresentam resultados muito próximos. Assim, a análise comparativa dos resultados dos grupos AT e AS sugere que, no contexto de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura, o uso do SATD não influenciou o domínio que os alunos apresentaram dos conteúdos curriculares abordados.
- Relativamente à segunda questão, associada ao segundo objectivo (O uso do STAD favorece o desenvolvimento das ideias dos alunos relativamente aos conceitos relacionados com a

argumentação em ciências?), os dados recolhidos através da segunda parte do questionário e apresentados no ponto 4.3.6, sugerem que, relativamente aos conceitos (teoria, conclusão, argumento e evidência), o grupo AT evoluiu mais do que o grupo AS, pois os acréscimos na percentagem de respostas na categoria I para três dos conceitos (teoria, conclusão, argumento) e na categoria M para o conceito de evidência são superiores para o grupo AT. Apenas, relativamente ao conceito de hipótese, embora os resultados dos grupos AT e AS sejam muito próximos, parece ser o grupo AS que mais evoluiu. Em ambos os grupos se verifica que, para quatro conceitos (teoria, evidência, argumento e conclusão) no grupo AT e para quatro conceitos (hipótese, teoria, evidência e argumento) no grupo AS, a maioria de alunos passa a referir um ou dois elementos definidores. Parece, portanto, no que diz respeito à evolução das ideias dos alunos sobre os conceitos relacionados com a argumentação em ciências a utilização do SATD não apresenta qualquer vantagem.

- Relativamente à terceira questão associada ao segundo objectivo de investigação (O uso do STAD favorece a qualidade das interacções verbais e das práticas argumentativas entre os alunos?), os dados recolhidos através do registo áudio e escrito das interacções verbais e do registo áudio das práticas argumentativas que tiveram lugar nos grupos AS e AT, durante a execução das actividades da ficha número quatro seleccionadas para o efeito, sugerem o seguinte:
 - O grupo AS evoluiu mais do que o grupo AT, pois, exceptuando um dos grupos de trabalho, os pontos de vista consensuais apresentados no grupo de investigação AS mostraram-se concordantes com o conhecimento escolar, enquanto no grupo de investigação AT quatro dos dez grupos de trabalho não mostraram pontos de vista concordantes com o conhecimento escolar;
 - As práticas argumentativas do grupo AS mostraram-se qualitativamente superiores às do grupo AT, visto que a média do número de argumentos, por grupo de trabalho, com conclusão correcta foi mais elevada no grupo AS do que no grupo AT. No entanto, do ponto de vista quantitativo, a média do número de argumentos, por grupo de trabalho, foi mais elevada no grupo AT do que no grupo AS.
 - Estes resultados sugerem que, durante as actividades da ficha número quatro, o recurso a sensores favoreceu, nos grupos de trabalho, o alcance de consensos concordantes com o conhecimento escolar e a qualidade científica dos argumentos

produzidos pelos alunos embora não tenha tido igual efeito ao nível da quantidade de argumentos.

Tendo em conta a literatura revista e referida no capítulo II, o melhor desempenho dos grupos que realizaram actividades com grau de abertura elevado era esperado. De facto, as actividades de grau de abertura elevado contribuem positivamente, quer para a compreensão dos conteúdos conceptuais quer para a compreensão do processo de construção do conhecimento em ciências (Leite, 2003; Millar, 2004; Séré, *et al.*, 2005) e não surpreende que o desempenho do grupo FS se tenha mostrado mais limitado, visto que realizou actividades fechadas e não actividades de tipo POER como os outros dois grupos. Este tipo de actividades não só é especialmente adequado para abordar conceitos em que os alunos apresentam concepções alternativas como se tem mostrado eficaz (Silva, 2002; Pedroso, 2005; Vasconcelos, 1997) na promoção da mudança conceptual. Por outro lado, segundo a literatura, as discussões em grupo e a interacção entre pares podem contribuir para a compreensão conceptual (Hodson & Hodson, 1998; Newton, Driver & Osborne, 1999), para fomentar a argumentação e para a reestruturação do conhecimento (Erduran & Osborne, 2007). Nesta linha, os resultados da presente investigação parecem evidenciar a existência de uma relação entre o modo como decorreu a discussão nos grupos de trabalho dos três grupos de investigação e a apropriação pelos alunos, quer dos conteúdos conceptuais, quer das ideias acerca dos conceitos relacionados com a argumentação em ciências. De facto, no que respeita a estes dois aspectos, e também à qualidade dos argumentos o desempenho do grupo FS que usou actividades fechadas, mostrou-se inferior ao do grupo AS que usou actividades abertas.

O facto de o desempenho dos alunos do grupo AT e AS se ter mostrado muito próximo, relativamente à apropriação dos conteúdos conceptuais pelos alunos, parece contrariar os resultados da investigação realizada por Nakhleh e Krajcik (1993) com estudantes do ensino secundário e outras investigações (Mokros & Tinker, 1987; Brasell, 1987; Friedler & McFarlane, 1995; McFarlane *et al.*, 1995) que apontam para vantagens da utilização do SATD, referidas no segundo capítulo mais precisamente no ponto 2.4.3. No entanto, há que ter em conta que a investigação realizada por Nakhleh e Krajcik (1993) envolveu um reduzido número de alunos, e que algumas das outras investigações se centraram na compreensão de conceitos (ex.: velocidade), para cuja compreensão a capacidade de análise e interpretação de gráficos tinha um papel determinante, requisito que não se verifica nos conceitos físicos envolvidos na presente investigação. Assim, nas actividades laboratoriais envolvidas na investigação aqui relatada, o facto dos gráficos terem sido

obtidos em tempo real, bem como o facto de ter sido libertado o tempo que seria necessário para a recolha de dados e para a elaboração dos gráficos com os instrumentos tradicionais, não parecem ter contribuído para que os alunos atingissem uma maior compreensão dos conteúdos em causa. Assim, os resultados obtidos parecem sugerir que em termos de aprendizagem dos conteúdos conceptuais o grau de abertura é mais importante do que a tecnologia usada na realização das actividades.

Relativamente à evolução das ideias dos alunos sobre os conceitos relacionados com a argumentação em ciências o grupo AT mostrou uma evolução mais acentuada do que o grupo AS. Talvez este facto esteja associado à existência de uma maior intensidade na discussão, pois como foi constatado durante a discussão da ficha número quatro, no que respeita à quantidade dos argumentos apresentados, o grupo AT apresentou uma média mais elevada de argumentos, por grupo de trabalho, do que os outros dois grupos. Por outro lado, o que respeita à qualidade científica dos argumentos o grupo AS que apresentou argumentos de mais qualidade do que os outros dois grupos. Assim, parece que as actividades abertas poderão ter contribuído quer para a discussão mais intensa que ocorreu nos grupos de trabalho do grupo AT, quer para a discussão com maior qualidade que ocorreu nos grupos de trabalho do grupo AS.

Um aspecto comum aos três grupos de investigação foi a ausência de argumentos completos classificáveis na categoria CC-C. Isto significa que a qualidade da argumentação não se mostrou muito elevada em nenhum dos grupos. Este resultado seria de esperar tendo em conta que vários autores (Jimenez-Aleixandre, Rodrigues, & Duschl, 2000; Von Aufschnaiter *et al.*, 2008, Sampson & Clark, 2008) identificaram dificuldades dos estudantes na elaboração de argumentos devidamente fundamentados. Segundo Von Aufchnaiter *et al* (2008), a argumentação parece ter a importante função de conduzir a um desenvolvimento mais rápido das ideias e de ajudar a fazer conexões através de diferentes contextos, desde que estes sejam familiares. Assim, apenas se os estudantes tiverem suficiente contacto com um dado conteúdo poderão construir com rapidez argumentos devidamente fundamentados. A propósito deste facto, poderá perguntar-se se as dificuldades dos alunos em apresentarem argumentos completos e devidamente fundamentados, através da adequada explicitação e relacionamento entre os seus elementos, terá sido decorrente da falta de conhecimento sobre os assuntos em discussão, novos para a maioria dos alunos, ou se há outras razões para isso, designadamente falta de hábito e de competências para participar em discussões de assuntos científicos. No entanto, existiu o cuidado, não só de preparar os alunos para a prática da discussão, como, também, de recapitular o conhecimento conceptual que já possuíam

sobre a absorção da radiação solar. Além disso, tiveram a oportunidade de obter resultados em laboratório que lhes permitiram constatar as diferenças de comportamento dos mesmos corpos, face à radiação visível e face à radiação IV. Sendo assim, parece que o grau de dificuldade e de abstracção que foi solicitado aos alunos não estava para além da sua zona próxima de desenvolvimento pelo que era de esperar que conseguissem alcançar um bom nível de desenvolvimento, por isso, há que admitir que outros factores podem ter condicionado a qualidade da argumentação. De facto, a análise das interacções verbais e das práticas argumentativas dos alunos mostrou que, em qualquer dos três grupos de investigação, existem casos em que as oportunidades de discussão dadas aos alunos se mostraram infrutíferas, o que pode ter acontecido por uma conjugação de factores que condicionaram a discussão e que, por vezes, impediram a construção de consensos aceitáveis, do ponto de vista científico. Entre estes factores foram detectados os seguintes: a falta de atenção, por parte dos alunos, às condições iniciais das actividades laboratoriais; o facto de a discussão ter sido dominada por alguns alunos; a interferência das ideias prévias dos alunos na 'nova' aprendizagem. Era de esperar que o tipo de actividades laboratoriais seleccionado (POER) facilitasse a discussão, designadamente das concepções prévias dos alunos (Silva, 2002; Pedroso, 2005; Vasconcelos, 1997). Por outro lado, os alunos não estavam habituados a actividades abertas pelo que é natural que tivessem alguma dificuldade em envolver-se nelas pelo receio de serem penalizados pelo que afirmassem ou fizessem. A mudança conceptual não só é um processo lento (Champagne & Gunstone, 1990) como requer um ambiente de aula que permita aos alunos sentirem-se seguros para dizerem o que pensam sobre algo ou como, em sua opinião se explica esse algo.

5.3. Implicações para o ensino das ciências

Os resultados obtidos colocaram em evidência alguns aspectos comuns aos três grupos de investigação que, a par com as conclusões alcançadas, têm implicações para o ensino e a aprendizagem das ciências e para a formação de professores. No que respeita ao ensino e aprendizagem das ciências, há que considerar os sucessos e os insucessos registados. No que respeita aos sucessos:

- O facto de as actividades laboratoriais com elevado grau de abertura terem conduzido a resultados melhores (quer ao nível do conhecimento conceptual quer ao nível das

competências argumentativas), sugere que, ao contrário do que tem acontecido (Leite & Dourado, 2007; Sequeira, 2004; Pacheco, 2007) as actividades com elevado grau de abertura devem ser usadas, mais frequentemente, nas aulas de ciências;

- Dado que o recurso a sensores parece estar associado a uma discussão em que foram apresentados argumentos de melhor qualidade do ponto de vista científico do que os do grupo AT, parece o uso do SATD ou em alternativa as calculadoras gráficas devem ser usadas para efectuar a recolha e tratamento automático de dados.

No que concerne aos insucessos, ou aos aspectos menos bem conseguidos, a sua análise sugere que:

- O facto de os alunos terem tido insucessos por não prestarem atenção às condições iniciais, mostra que, para tirar partido das potencialidades pedagógicas da discussão dos resultados obtidos em actividades laboratoriais, é necessário assegurar a adequada compreensão das actividades designadamente no que respeita às condições iniciais, sob pena de a discussão ser ineficaz ou até nociva. Caso o professor não tenha possibilidade de dar atenção a todos os grupos de trabalho para assegurar que tal compreensão foi alcançada, poderá ser mais adequado promover uma discussão em grupo turma que garanta que todos os alunos possam tomar contacto com resultados obtidos em actividades correctamente realizadas. Isto implica que o professor terá que ser preparado para orientar discussões em diversas circunstâncias e para decidir sobre o tipo de contexto mais adequado para que a discussão seja eficaz.
- O facto de existirem casos em que as ideias prévias condicionaram a interpretação dos resultados não surpreendeu, tendo em conta que a própria observação pode ser condicionada pelas ideias prévias dos alunos (Kuhn, 1993; Von Aufschnaiter *et al.*, 2008). Além disso, dado que os alunos se envolvem na discussão sobre um dado assunto apoiando-se no conhecimento que já possuem (Von Aufschnaiter *et al.*, 2008), as discussões entre os alunos devem ser orientadas no sentido de evitar que as concepções prévias se difundam e eventualmente fortaleçam. Para que as ideias prévias fossem erradicadas seria necessário que ocorresse um processo de mudança conceptual (Posner *et al.*, 1982) e que os pontos de vista dos alunos fossem modificados, passando a ser aceitáveis do ponto de vista científico, pelo menos ao nível que se supõe que este deve ser abordado no conhecimento escolar. Neste processo, a discussão tem um papel

fundamental, pois vai ajudar os alunos a perceber as limitações das ideias prévias e as potencialidades das 'novas' ideias. No entanto, se os alunos forem abandonados a si mesmos na discussão, esta pode ser infrutífera e até nociva, pois poderá resultar no fortalecimento das concepções prévias. Evitar que isto aconteça implica que os professores recebam formação que os capacite para detectar as ideias prévias dos alunos que não sejam consentâneas com o conhecimento escolar, e para intervir, sempre que necessário, no sentido de conseguir que os alunos questionem as suas concepções e sofram um processo de mudança conceptual. Esta não tem que ser, necessariamente, uma mudança radical/abrupta mas antes no sentido de uma evolução conceptual.

- Em alguns casos, a discussão foi dominada por alunos cujos pontos de vista eram discordantes do conhecimento escolar e que não permitiram que os pontos de vista diferentes dos seus se pudessem afirmar. Por não existirem alunos capazes de desempenhar o papel de par mais capaz (Vygotski, 1978), que levassem os seus colegas a questionar-se, a discussão mostrou-se, nestes casos, ineficaz. Uma implicação deste facto sendo necessário reconhecer a importância de intervenções adequadas do professor para questionar e orientar a discussão (Mortimer & Scott, 2003). Para tal, os professores precisam de adquirir os necessários conhecimentos em dinâmica de grupos que os ajudem a diagnosticar e a intervir em situações que sejam impeditivas da eficácia da argumentação.

Tendo em conta as potencialidades pedagógicas da argumentação e, também, os riscos decorrentes de situações como as que acabam de ser referidas no parágrafo anterior, torna-se necessário que a formação inicial e contínua dos professores inclua uma componente que fomente a implementação eficaz de estratégias promotoras das práticas argumentativas entre os alunos. Para tal é, também, necessário que os professores reconheçam a importância pedagógica da argumentação e a coloquem em prática. Assim, através da formação, deverá conseguir-se que os professores:

- Reconheçam a importância das directrizes contidas nos documentos reguladores do ensino aprendizagem das ciências e que apontam no sentido de promover as práticas argumentativas entre os alunos. De facto, não basta que estas práticas constem desses documentos; como alertam Costa, Marques e Kempa (2000) se a sua importância não for reconhecida pela maioria dos professores, dificilmente passarão à prática;

- Reconheçam a importância da abordagem, prevista nos actuais *curricula* de ciências, de problemas ligados a temáticas de cariz sócio-científico, que são considerados por diversos autores (Reis, 2004; Reis & Galvão, 2008; Sadler, 2004; Sadler & Zeidler, 2007) fundamentais, não só para o desenvolvimento da literacia científica mas também para o desenvolvimento de competências argumentativas;
- Fiquem apetrechados com conhecimentos sobre argumentação para que possam analisar e avaliar os argumentos apresentados pelos alunos, quer individual quer colaborativamente, no decorrer de uma discussão ou no âmbito de produções escritas, de modo a identificarem aspectos que precisem de ser melhorados;
- Desenvolvam competências que lhes permitam promover e orientar discussões entre os alunos, bem como diagnosticar e intervir em situações que sejam impeditivas da eficácia das mesmas em termos de aprendizagem dos alunos;
- Passem a valorizar mais o papel da argumentação no processo de construção das ciências e a perfilhar e veicular uma concepção sobre as ciências compatível com a epistemologia contemporânea.

Tendo em conta que promover a argumentação, de uma forma eficaz, é uma tarefa difícil, e que existem professores que, apesar de reconhecerem o empreendimento científico como dinâmico e controverso, nem sempre reflectem esta visão nas suas aulas (Reis, 2004; Reis & Galvão, 2008), a formação neste domínio terá que contemplar o acompanhamento dos professores nas suas práticas docentes de modo que possam ser apoiados no desenvolvimento, em contexto, dessas competências. Tem sido constatado, durante o envolvimento de professores em projectos de investigação – acção, que o apoio e retroacção recebidos são fundamentais para vencer medos, dúvidas, incertezas, para ganhar confiança e versatilidade no uso do trabalho laboratorial, e para que os professores fomentem o desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico nos alunos (Vieira & Vieira, 2006). Assim, uma formação de professores adequada para assegurar a eficácia das práticas argumentativas, em sala de aula, poderá incluir o envolvimento dos professores em projectos de investigação - acção, em que sejam acompanhados na análise e avaliação das práticas argumentativas dos seus alunos. Apesar de esta tese se centrar na educação em ciências, não podemos deixar de referir que sendo as competências argumentativas transversais, elas devem ser desenvolvidas pelos professores das diferentes disciplinas até porque compete a alguns deles (ex.: Filosofia e Português abordar a argumentação nas suas disciplinas).

5.4. Sugestões para futuras investigações

As conclusões desta investigação bem como as questões por ela suscitadas poderão constituir um ponto de partida para futuras investigações. Estas poderão tanto aprofundar alguns aspectos das conclusões agora apresentadas como obter resposta para algumas interrogações que ficaram em aberto.

Tendo em conta que os grupos de investigação em que os argumentos surgiram, em maior quantidade (AT) ou com qualidade superior (AS), foram também os grupos que atingiram melhor compreensão dos conteúdos conceptuais, parece que estes aspectos estão relacionados. Assim, parece que as práticas de argumentação centradas na análise dos resultados das actividades laboratoriais e na procura de explicações para os resultados obtidos terão contribuído para a compreensão dos conteúdos envolvidos nas actividades e para que os pontos de vista dos alunos se tenham alterado, aproximando-se do conhecimento escolar. Contudo, tendo em conta a reduzida dimensão da amostra, seria necessário alargar a presente investigação a maior número de alunos para obter evidências, mais seguras, de que os referidos efeitos a nível conceptual podem estar associados a práticas de argumentação realizadas no contexto da realização de actividades laboratoriais com elevado grau de abertura.

A presente investigação, na linha de outras investigações já desenvolvidas (Sampson & Clark, 2008), proporcionou evidências de que os alunos apresentam dificuldades em elaborar argumentos completos e correctos. Como foi referido no ponto 5.3, um dos factores que parece ter condicionado a qualidade da argumentação desenvolvida pelos alunos está associada à dinâmica dos grupos de trabalho. Dado que, para promover a prática da argumentação entre os alunos se torna necessário promover a formação dos professores na problemática da argumentação e na problemática da dinâmica de grupos, o envolvimento dos professores em projectos de investigação - acção, poderá constituir o contexto adequado para investigar as dificuldades dos professores em promover e moderar as discussões dos alunos com vista a fomentar a eficácia da argumentação e para testar colaborativamente estratégias de superação dessas dificuldades.

No que diz respeito à influência na qualidade dos argumentos produzidos, quer do conhecimento que os alunos possuem (em particular as suas concepções prévias) quer das suas dificuldades em elaborar argumentos, haveria interesse em realizar outras investigações em sala de aula, de modo a compreender melhor a relação (se existir) das suas dificuldades com os conteúdos científicos em causa. Assim, na linha da presente investigação, cada argumento, produzido

individualmente ou por alguns alunos que colaboram na sua co-construção, deveria ser analisado e avaliado. Na análise dos argumentos que se viessem a mostrar correctos, do ponto de vista formal e conceptual, à semelhança do que foi feito por Von Aufschnaiter *et al.* (2008) deveria ser tido em conta o grau de abstracção das relações que os alunos estabelecem entre os elementos do argumento, pois é provável que estas interfiram com a qualidade das aprendizagens.

Complementarmente, seria necessário obter dados sobre os alunos participantes, em cada um dos argumentos, que permitissem procurar possíveis relações entre a qualidade dos argumentos e os conhecimentos dos alunos, por um lado, e as suas dificuldades em argumentar, por outro. Assim, os alunos deveriam ser submetidos a entrevistas e/ou observação que permitissem diagnosticar:

- As ideias que cada um apresentava, antes de ser envolvido na discussão, acerca dos conteúdos curriculares implicados no argumento;
- As dificuldades que cada um teve, durante o seu envolvimento na argumentação, na análise e selecção dos dados, na fundamentação da conclusão e no relacionamento dos elementos que constituem o argumento.

A presente investigação procurou a existência de uma relação das práticas argumentativas em sala de aula com a compreensão dos conteúdos curriculares, e também com a compreensão de alguns conceitos relacionados com a argumentação em ciências. No entanto, os resultados obtidos mostraram que, em qualquer um dos três grupos de investigação, a compreensão dos cinco conceitos relacionados com a argumentação em ciências foi alcançada em grau bastante reduzido. Consequentemente, os alunos tinham e continuaram a ter uma visão bastante limitada sobre o papel das hipóteses, das evidências e das teorias no processo de construção das ciências bem como do papel da argumentação nesse mesmo processo. Como sugerem alguns autores (Albe, 2006; Bricker & Bell, 2008), se a discussão for condicionada pela preocupação de que os alunos alcancem uma conclusão concordante com o conhecimento escolar, essa discussão poderá não contribuir, simultaneamente, para o objectivo de compreender que a dúvida e incerteza é parte integrante do conhecimento científico e que a argumentação tem um papel em ciências. Os resultados obtidos parecem convergentes com este ponto de vista. Contudo, coloca-se a questão de saber, com mais segurança, se as discussões, centradas na análise de resultados das actividades laboratoriais e na procura de explicações consentâneas com o conhecimento escolar, podem contribuir para alterar as

ideias dos alunos acerca do processo de construção das ciências. Para tal, seria interessante desenvolver uma investigação que envolvesse maior número de alunos e permitisse comparar os efeitos que as discussões realizadas durante as actividades laboratoriais, desenvolvidas em contextos com diferentes graus de abertura e incidindo sobre diversos conteúdos, podem ter, ou não, na evolução das ideias dos alunos acerca do processo de construção das ciências.

Por outro lado, há que investigar as potencialidades da argumentação levada a cabo em contextos em que as discussões não sejam centradas na obtenção de uma única resposta aceite, à luz do conhecimento escolar. O objectivo será averiguar se, como defendem alguns autores (Albe, 2008; Bricker & Bell, 2008), tal abordagem contribui para que os alunos compreendam que o conhecimento científico é acompanhado de dúvida e incerteza e para promover a reflexão epistemológica. Para este efeito, as controvérsias científicas são importantes porque é durante a controvérsia que pode ser examinado o processo de construção do conhecimento (Bricker & Bell, 2008), o que se torna mais difícil depois de estabelecidos os factos científicos aceites. Contudo, a grande maioria das questões que podem suscitar divergências, entre os cientistas, são demasiado complexas para serem discutidas pelos alunos. Existem, no entanto, algumas controvérsias de cariz sócio-científico que estão implicadas em decisões que afectam a vida dos cidadãos e cuja discussão é importante para o exercício da cidadania. Assim, há que promover investigações para averiguar se as práticas de argumentação dos alunos durante a abordagem de temas de cariz sócio-científico, sobre os quais existam divergências, quer entre os cientistas quer entre diferentes sectores da sociedade, podem ter efeitos:

- No desenvolvimento do pensamento crítico acerca desses temas e na sua capacidade de tomada de decisões.
- Na compreensão de que a dúvida e incerteza faz parte integrante do conhecimento científico e na aquisição de concepções sobre as ciências mais consentâneas com a epistemologia contemporânea.

Também poderá ser interessante investigar temáticas que, possuindo uma vertente de cariz sócio científico (ex.: o efeito estufa, os benefícios e riscos das radiações), possam ser abordadas em duas perspectivas diferentes: por um lado, através da discussão em contextos laboratoriais focada nos conteúdos curriculares; por outro lado, através de uma discussão centrada na vertente social dos referidos temas. A comparação dos efeitos de ambas as abordagens, quer no grau de

compreensão dos conteúdos científicos em causa, quer nas concepções dos alunos sobre as ciências, poderá contribuir para avaliar em que medida tais abordagens são complementares e ambas necessárias na educação em ciências.

Com foi referido em vários momentos ao longo desta tese, a investigação realizada até agora, em vários países, tem mostrado que são muitos os potenciais contributos das práticas de argumentação para a aprendizagem das ciências. Além disso, tem vindo a tornar-se consensual que os alunos devem ser envolvidos nestas práticas, não só com o propósito de os ajudar na aprendizagem das teorias e conceitos científicos, mas também para que aprendam acerca da natureza do empreendimento científico, o que poderá contribuir para promover a capacidade de decisão em questões de cariz sócio científico e para o exercício da cidadania. Propor o estudo, em separado, dos diferentes contributos da argumentação corresponde a fazer uma opção metodológica difícil, pois eles estão, de facto, todos interligados (Jiménez & Erduran, 2007). Por isso, acreditamos que se todos estes potenciais contributos forem explorados, a prática de argumentação pode tornar-se uma ferramenta pedagógica por excelência, capaz de contribuir para a aprendizagem e a compreensão das ciências e, também, para a formação integral de qualquer ser humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, D. & Shrum, J. (1990). The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school Biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8), 777-787.

Albe, V. (2007). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science and Education*, 17 (8/9), 805-827

Allchin, D. (2003). Scientific Myth-Conceptions. *Science and Education*, 87, 329-351

Alvarez, V. *et al.* (1997). Destrezas Argumentativas en Física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, V Congreso, 275-276.

Anderberg, E. (2000). Word meaning and conceptions. An empirical study of relationships between students' thinking and use of language when reasoning about a problem. *Instructional Science*, 28, 89 - 113

André, J. (2003). Introdução. In Echeverría J. (2003). *Introdução à Metodologia da Ciência. A Filosofia da Ciência no Século XX*. Coimbra: Livraria Almedina, 1-16

Aristóteles (1994). *Tratados de Lógica. Órganon I - Categorias, Tópicos, sobre las Refutaciones Sofísticas*. Madrid: Editorial Gredos, S. A.

Aristóteles (1987). *Organon IV - Les seconds Analytiques*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Aristóteles (1992). *Organon III - Les premiers Analytiques*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Atkinson, E. (1990). Learning scientific knowledge in the student laboratory. In Hegarty-Hazel (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 119-131.

Ball, J. (1999). *Evidence, Theory and student Voice: Interactional Relationships in Cooperative and Traditional Chemistry Lab Structures*. Comunicação apresentada no encontro anual da National Association for Research in Science Teaching, Boston.

Barthes, R. (1970). L'Ancienne Rhétorique, Aide-mémoire. *Communications*, 16, 172-229

- Bartholomew, H., Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students Ideas-About-Science: Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88, 655–682
- Barton, R. (2004). Why use computers in practical science. In Barton R. (Ed.). *Teaching secondary science with ICT*. Maidenhead: Open University, 27-51
- Beichner, J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of Research in Science Teaching*. 27 (8), 803-815.
- Bernhard, J. (2003). Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL). Learning effects of using MBL as a technological and as a cognitive tool. In Psillos *et al.* (eds.). *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 323-331.
- Bisdikian, G. & Psillos, D. (2002) Enhancing the linking of theoretical knowledge to physical phenomena by real-time graphing. In Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 193-204
- Bliss, J. (2002). Learning science. Piaget and after. In Amos, S. & Boohan, R. (Ed.). *Teaching Science in secondary schools*, 154-163
- Brannen, J. (1992). Combining qualitative and quantitative approaches: an overview. In Julia Brannen (Ed.). *Mixing Methods: Qualitative and quantitative Research*. Aldershot: Avebury, 3-37
- Brasell, (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representation of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (4) 385-395.
- Breton, P. (1998). *A argumentação na comunicação*. Lisboa: Publicações D. Quixote.
- Brickhouse, N., Dagher, Z., Shipman, H. & Letts, W. (2000). Why things fall: evidence and warrants for belief in a college astronomy course. In Millar R., Leach, J. e Osborne, J. (Ed.). *Improving Science Education. The contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 11-26
- Bricker, L. & Bell, P. (2008). Conceptualizations of Argumentation from science studies and the learning sciences and their implication for the practices of science education. *Science Education*, 92, 473-498.
- Brink-Budgen, R. (2000). *Critical Thinking for Students. Learn the skills of critical assessment and effective argument*. Oxford: howtobooks

- Bryman, A. (1992). Quantitative and qualitative research: further reflections on their integration. *In* Julia Brannen (Ed.). *Mixing Methods: Qualitative and quantitative Research*. Aldershot: Avebury, 57-78
- Brown D. (1994). Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. *International Journal of Scientific Education*, 16, 2, 201-214.
- Bunge, M. (1973). *Filosofía Física*. Lisboa edições 70
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 8-19
- Caamaño, A., Carrascosa, J. & Oñorbe A. (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 4-5.
- Caldeira, M. & Martins, D. (1990). Calor e Temperatura: que noções têm os alunos universitários destes conceitos? *Gazeta de Física*, 13 (2), 85 - 94
- Cañal de León, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 46-56.
- Carnap, R. (1950). *Logical Foundations of Probability*. Chicago: University of Chicago Press
- Chalmers, A. (1994a). *Qué es esa cosa llamada Ciência? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia e sus métodos*. Madrid: Siglo Veintiuno de España Editores, SA.
- Chalmers, A. (1994b). *A fabricação da ciência*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.
- Clark, D. & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Education*, 45 (3), 293-321.
- Clark, D. *et al.* (2007). Analytic Frameworks for Assessing Dialogic Argumentation in Online Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19, 343-374.
- Couce, A., Domínguez, J. & Alvarez, V. (1998). Argumentación del alumnado de 2º de E.S.O. sobre un problema relacionado con la formación de sombras. *La didáctica de las ciencias. Tendencias*

actuales. XVIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. A Coruña: Universidade da Coruña, 273-283.

Costa, N., Marques, L. & Kempa, R. (2000). Science Teachers' Awareness of Findings from Education Research. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 18 (1), 37-44

Cunha, A. (2002). *As Ciências Físico-Químicas e as Técnicas Laboratoriais de Física: Uma análise comparativa de programas, manuais e opiniões de professores e alunos*. Tese de mestrado (não publicada). Universidade do Minho

DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.

De Landsheer, G. (1985). History of Educational Research. *The International Encyclopedia of Education, Research and Studies*. 3, 1588-96.

Departamento da Educação Básica (1995). *Programa Ciências Físico-Químicas – Programa e Organização Curricular – Ensino Básico 3ºCiclo*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento da Educação Básica (2001a). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento da Educação Básica (2001b). *Ciências Físicas e Naturais Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento do Ensino Secundário (1995). *Programa de Ciências Físico-Químicas*. Lisboa: Ministério da Educação.

Departamento do Ensino Secundário (2001). *Programa de Física e Química A – 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.

De Pro Bueno, A. (1998). Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*.16 (1), 21-24.

Diaz de Bustamante, J. (1999). *Problemas de Aprendizage en la interpretación de observaciones de estruturas biológicas con el microscópico*. Tese de Doutoramento (não publicada) Universidade de Santiago de Compostela.

Disessa, A. (1987). The third Revolution in Computers and Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (4), 343-367

Dourado, L. & Leite, L. (2006). Portuguese science teachers' use of laboratory activities before and after the school curriculum reorganisation. *In Actas da 30th ATEE Anual Conference. Amesterdão: Universidade livre de Amesterdão* (disponível em: <http://www.atee2005.nl/download/posters.htm#poster09>, acessado em 23/10/2008)

Driver, R. (1995). Theory into practice II: A constructivist Approach to Curriculum Development. *In* Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in Science Education*. Londres: Falmer Press, 133 - 149

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change – a powerful framework for improving science teaching and learning. *Internacional Journal of Science Education*, 25 (6), 671 - 88

Duschl, R. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.

Duschl, R. (2000). Making the nature of science explicit. *In* Millar, R., Leach, J. & Osborne, J. (Ed.). *Improving Science Education. The contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 187 - 206

Duschl, R. (2007). Quality Argumentation and Epistemic Criteria. *In* Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. (Eds). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 159 - 175

Duschl, R., Ellenbogen, K. & Erduran, S. (1999). Promoting Argumentation in Middle school Science Classrooms: A Project Sepia Evaluation. (disponível em: <http://www.narst.org/conference/duscheletal/duscheletal.html>, acessado em 31/5/2001)

Duschl, R. & Ellenbogen, k. (2001). Scaffolding and assessing argumentation processes in science. *Actas da EARLI Conference*, 1 - 23

Duschl, R. & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*. 38, 39-72

- Duveen, J., Scott L. & Solomon J. (2002). Pupils' understanding of science. Description of experiments or 'a passion to explain'? *In* Amos, S. e Boohan R. (ed.) *Aspects of Teaching Secondary Science Perspectives on practice*. Londres: Routledge/Falmer, 106-115
- Echeverría, J. (2003). *Introdução à Metodologia da Ciência. A Filosofia da Ciência no Século XX*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Erduran, S. & Osborne, J. (2005). Developing arguments. *In* Alsop, S, Bencze, L. & Pedretti, E. (Eds). *Analysing Exemplary Science Teaching*, Maidenhead: Open University Press, 106–115
- Fairbrother, R. (2002). Strategies for Learning. *In* Monk, M. e Osborne, J. (Ed.) *Good practice in science teaching*. Buckingham: Open University Press, 7-24
- Feyerabend, P. (1993). *Contra o método*. Lisboa: Relógio de Água
- Figueiroa, A. (2007). *As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico*. Tese de Doutoramento (não publicada). Universidade do Minho
- Fosnot, C. (1999). Construtivismo: uma teoria Psicológica da aprendizagem. *In* Fosnot (Or.) *Construtivismo e Educação*. Lisboa: Instituto Piaget. 23 - 58
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. (1990) Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*. 27 (2), 173-191
- Friedler, Y. & McFarlane, A. (1997) Data logging with portable computers, a study of the impact on graphing skills in secondary pupils. *Journal of computers in Mathematics and Science Teaching*, 16 (4) 527 - 550
- Friedler, Y. & Tamir, P. (1990). Life in Science Laboratory Classrooms at Secondary Level. *In* Hegarty-Hazel, E. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*, 337 - 356. London: Routledge
- Ford, M. (2008). Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. *Science Education*, 92, 404 - 423,
- Fullick, P. (2004). Using the internet in school science. *In* Barton R. (Ed.). *Teaching secondary science with ICT*. Maidenhead: Open University Press, 71 – 86

- Ghiglione, R. & Matalon, B. (1993). *O Inquérito: Teoria e prática*. Oeiras: Celta Editora.
- Gil-Pérez, D., *et al.* (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7 (2), 125 - 153.
- Gilbert, J. (1999). On the explanation of change in Science and Cognition. *Science and Education*, 8, 543-557.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20 (1), 83 - 97.
- Gorst, J. & Lee, S. (2005). The Undergraduate Life Sciences Laboratory: Student Expectations, Approaches to Learning, and Implications for Teaching. In McLoughlin & Taji (Eds). *Teaching in the Sciences, Learner-Centered Approaches*. New York: Food Products Press, Inc., 43-62.
- Gott, R., Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press
- Gott, R., Duggan, S. & Roberts, R. (1999). *Understanding Scientific Evidence*. (disponível em: http://www.dur.ac.uk/~ded0www/evidence_main1.htm, acessado em 13/12/2001)
- Gott, R., Duggan, S. (2003). *Understanding and Using Scientific Evidence. How to Critically Evaluate Data*. Londres: Sage Publications.
- Grácio, R. (1993). Introdução, In Perelman, C. (1993). *O Império Retórico. Retórica e argumentação*. Porto: Asa
- Gunstone, R. (1995). Learners in Science Education. In Fensham P. (Ed.). *Development and dilemmas in Science Education*. London: The Falmer Press, 73 - 96
- Gunstone, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science. The role and the reality of practical work in school science*. Philadelphia: Open University Press, 67 - 77
- Gunstone, R. & Champagne, A. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In Hegarty-Hazel, E. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*, Londres: Routledge, 159 - 182.
- Haigh, M, France, B. & Forret, M. (2005). Is 'doing science' in New Zealand classrooms expression of scientific inquiry? *International Journal of Science Education*, 27 (2), 215 - 226

- Hart, C. (1998). *Doing a Literature Review. Releasing the social science research imagination*. Londres: Sage Publications Ltd.
- Hashweh, M. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*. 8 (3), 229 - 249
- Horwood, R. (1988). Explanation and Description in Science Teaching. *Science Education*, 72 (1), 41 - 49.
- Hammersley M. (1992). Deconstructing the qualitative-quantitative divide. In Julia Brannen (Ed.). *Mixing Methods: Qualitative and quantitative Research*. Aldershot: Avebury, 39 - 55
- Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20 (2) 53 – 66.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciências*, 12 (3), 299 – 313.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In Wellington (Ed.). *Practical work in school science. Which way now?* Londres: Routledge, 93 - 108
- Hodson, D. (2002). Towards a personalized science. In Amos, S. & Boohan, R. (Ed.). *Teaching Science in secondary schools*, 27- 39.
- Hodson, D. & Bencze, L. (1998). Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research. *International Journal of Science Education*, 20 (6), 683-694.
- Hodson, D. & Hodson, J. (1998). From constructivism to social constructivism: a Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, 33 - 41.
- Hofstein, A. (1995). Practical Work and Science Education II. In Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in Science Education*. Londres: The Falmer Press
- Hofstein, A. & Luneta, V. (2004). The laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28 - 54.

- Hofstein, A. Shore, R. & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*. 26 (1), 47- 62
- Hollingworth, R. & McLoughlin, C. (2005). Developing the Metacognitive and Problem-solving Skills of Science Students in Higher Education. *In* McLoughlin & Taji (Eds). *Teaching in the Sciences Learner - Centered Approaches*. New York: Food Products Press, Inc, 63 - 79
- Hogan, K. (2000). Exploring a Process View of Students' Knowledge about the Nature of Science. *Science Education*, 84, 51 - 70
- Husén (1985). Research Paradigms in Education. *The International Encyclopedia of Education, Research and Studies*. 7, 4335 - 38.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*. 17(1), 45 - 59.
- Jiménez-Aleixandre, M. & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*. 21 (3), 359-370
- Jiménez-Aleixandre, M. & Erduran, S. (2007). Argumentation in science education: An Overview. *In* Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. (Eds). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 3 - 28
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A. & Duschl, R. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 759 - 792
- Jiménez-Aleixandre, M., Reigosa Crasto C. & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discourse in the Laboratory: quality in argumentative and epistemic operations. *In* Psillos, D. *et al* (Ed.). *Science Education research in the knowledge-based society*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 249 - 257.
- Juuti, k., Lavonen, J. & Meisalo, V. (2003). Phenomenographical approach to design for a hypertext teacher's guide to MBL. *In* Psillos, D. *et al.* (eds.). *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 333 -341.
- Kang, N. & Wallace, C. (2005). Secondary science teacher's use of laboratory activities: linking epistemological beliefs, goals and practices. *Science Education*, 89, 140 -165.

- Kang, S., Scharmann, L. & Noh, T. (2004). Examining Students' Views on the Nature of Science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th Graders. *Science Education*, 89, 314 – 334
- Kelly, G. & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314 - 342
- Keys, C. (2000). Investigating the Thinking Processes of Eighth Grade Writers during the Composition of a Scientific Laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*. 37 (7), 676 - 690.
- Klainin, S. (1995). Practical work and Science Education I. In Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in Science Education*. Londres: The Falmer Press, 169-188
- Klopfer, L. (1990). Learning scientific enquiry in the student laboratory. In Hegarty-Hazel, E. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge, 95-118.
- Kolstø, S. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291 - 310
- Kolstø, S. (2006) Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14),1689 -1716
- Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*. 62 (2). 155 - 178
- Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Education*, 77 (3), 319 - 337.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (1988). *The development of Scientific Thinking Skills*. San Diego: Academic Press, Inc, 291 - 310
- Kuhn, T. (1996). *The structure of Scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kipnis, N. (1999). Scientific Controversies in Teaching Science. *Proceedings of the "Science as Culture" conference*. (disponível em <http://www.cilea.it/volta99>)
- Lakatos, I. (1998). *História da Ciência e suas reconstruções racionais*. Lisboa: Edições 70.
- Lakatos, I. (1999) *Falsificação e metodologia dos programas de investigação científica*. Lisboa: Edições 70.

- Layton, D. (1990). Student laboratory practice and the history and the philosophy of science. *In* Hegarty-Hazel (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 37-59
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: a conceptual overview. *Science Education*, 84 (1), 71-94.
- Lawson, A. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de raciocinio científico e de sistemas conceptuais. *Enseñanza de las ciências*. 12 (2), 165-187
- Lawson, A. (2002). Sound and Faulty Arguments Generated by Pre-service Biology Teachers When Testing Hypotheses Involving Unobservable Entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 3, 237-252.
- Leach, J. (1998). Teaching about the world of science in the laboratory. The influence of students' ideas. *In* Wellington J. (Ed). *Practical work in school science: Which way now?* Londres: Routledge, 52-8
- Leach, J. (1999a). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*. 21 (8), 789-806
- Leach, J. (1999b). Learning science in the laboratory. The importance of epistemological understanding. *In* Leach, J. & Paulsen, A. (Eds.). *Practical Work in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Leach, J. & Scott, P. (2000). Children's thinking, learning, teaching and constructivism. *In* Monk, M. & Osborne, J. (Eds). *Good practice in science teaching*. Buckingham: Open University Press, 41-56
- Leach, J. & Scott, P. (2002). The demands of learning science concepts. Issues of theory and practice. *In* Amos, S. & Boohan, R. (Eds.). *Teaching Science in secondary schools*, 140-146
- Lee, S. & Lin, H. (2005). Using Argumentation to Investigate Science Teacher's Teaching Practices: the perspective of instructional decisions and justifications. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 3, 429-461
- Leite, L. (1999). Promover a reflexão e a argumentação em laboratórios computadorizados. *Boletim das ciências*. XII. 40, 115-125.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. *In* Caetano, H. & Santos, M. (Org.) *Cadernos didáticos de Ciências*. Lisboa: Ministério da educação – Departamento do ensino secundário, 79-97

Leite, L. (2002). As actividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos. *Boletín das ciencias*, 51, 83 - 92

Leite, L. & Afonso, A. (2004). Forms of Reasoning Used by Prospective Physical Sciences Teachers When Explaining and Predicting Natural Phenomena The Case of Air Pressure. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4 (2), 169 - 191

Leite, L. & Dourado, L. (2005). A reorganização curricular do ensino básico e a utilização de actividades laboratoriais em Ciências da Natureza. *Actas do XVIII Congresso da ENCIGA* (Cd-Rom). Ribadeo (Espanha): IES Porta de Auga

Leite, L. & Dourado, L. (2007). Das reformas curriculares às práticas em sala de aula: O caso das actividades laboratoriais. *Boletim Paulista de Geografia*, 86, 5-122.

Leite, L. & Esteves, E. (2005). Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 4 (1) (disponível em: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/Art5_vol4_N1.pdf)

Leite, L. & Figueiroa, A. (2002). Os manuais escolares de Ciências da Natureza e a inter-relação dados-evidências-conclusões o caso de “A importância do ar para os seres vivos”. In Elortegui Escartín, N. *et al.* (Ed.). *Actas dos XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales – Relación Secundaria Universidad*. La Laguna: Universidad de la Laguna, 426-434.

Leite, L. & Figueiroa, A. (2004a). A explicação da combustão da vela. Um estudo com manuais escolares e com alunos do Ensino Básico. In Díaz Palácios, P. *et al.* (Orgs.). *XXI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: La Didáctica de las Ciencias Experimentales ante las Reformas Educativas y la Convergência Europea*. San Sebastian: UPV, 187-193.

Leite, L. & Figueiroa, A. (2004b). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20 – 30.

Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science Through Inquiry*. Thousand Oaks: Corwin Press e NSTA press

Linn, M. & Songer, N. (1991). Teaching Thermodynamics to middle school students: what are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (10), 885-918.

Lemke, J. (1989). *Using language in the classroom*. Oxford: Oxford University Press

- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar Ciência. Lenguage, aprendizagem y valores*. Barcelona: Paidós
- Lemke, J. (1998). Analysing verbal data: Principles, Methods and Problems. *In Fraser & Tobin (Eds.). International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 991-999.
- Lima, T. (2008). *A Argumentação e a Educação em Ciências para a Cidadania: Qualidade de argumentos produzidos por alunos do 9º ano sobre o Efeito Estufa*. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade do Minho
- Longbottom, J. & Butler, P. (1999). Why Teach Science? Setting Rational Goals for Science Education. *Science Education*. 83, 473-492
- Marco-Stiefel, B. (2002). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias. Estado de la cuestión. *In Membiela, P. (Ed.). Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones, 33-46.
- Mason, L. (2001). Introducing talk and writing for conceptual change: a classroom study. *Learning and Instruction*, 11, 305 - 329
- Mateus, C. (1999). Um contributo das TIC para a emergência de um novo paradigma educacional. *In Actas da I Conferência Internacional Challenges' 99 /desafios 99*, Universidade Aberta, 23-37.
- Matthews, M. (1998). The Nature of Science and Science teaching. *In Fraser, B. & Tobin K. (Eds.). International Handbook of Science Education*. 991-999. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. (1998). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. *In McComas, W. (Ed). The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standard documents. *In McComas, W. (Ed). The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W., Clough, M. & Almazroa (1998). The role and character of the nature of science in science education. *In McComas, W. (Ed). The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- McFarlane, A., Friedler, Y., Warwick, P. & Chaplain, R. (1995). Developing an understanding of the meaning of line graphs in primary science investigations, using portable computers and data logging software. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11 (4), 461- 481
- McMillan, J. & Schumacher, S. (2006). *Research in education: evidence-based inquiry* (6ª Ed.). Nova Iorque: Harper Collins.
- Membiela, P. (2002). Una revision del movimiento CTS en la enseñanza de las ciências. *In* Membiela, P. (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad – formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones, 91 - 103
- Mercer, N. (1994). The quality of talk in children's joint activity at the computer. *Journal of Computer Assisted Learning*, 10, 24 – 32.
- Millar, R. (1991). A means to an end: the role of processes in science education. *In* Woolnough B. (Ed). *Practical Science. The role and the reality of practical work in school science*. Philadelphia: Open University Press, 43 - 54.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: what practical work in science education is really for? *In* Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science. Which way now?* Londres: Routledge, 16 - 31
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and the learning of Science*. Comunicação apresentada no encontro: High school science laboratories: role and vision. National Academy of Sciences, Washington, DC
- Millar, R., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. (2002). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. *In* Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 9 - 20
- Miles, M. & Huberman, A. (1984). *Qualitative data analysis - A sourcebook of new methods*. Newbury Park: Sage Publications.
- Ministério da Educação (2008). *E-escolinha: um projecto integrado e mobilizador*. (disponível em <http://www.eescolinha.gov.pt>, acedido em 16 de Outubro de 2008).
- Mokros, J. & Tinker, R. (1987). The impact of microcomputer-based Labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*. 24 (4), 369-383.
- Morin, E. (1994). *Ciência com consciência*. Lisboa: Publicações Europa-América

- Mortimer, E. & Scott, P. (2000). Analysing discourse in the science classroom. *In* Millar, R., Leach, J. & Osborne, J. (Ed.). *Improving Science Education. The contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 126-142
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Munneke, L., Amelvoort, M. & Andriessen, J. (2003). The role of diagrams in collaborative argumentation - based learning. *International Journal of Educational Research*, 39, 113-131. Utrecht: Elsevier Ltd.
- Nachmias, R. & Linn, M. (1987). Evaluations of science laboratory data: the role of computer-presented information. *Journal of Research in Science Teaching*. 24 (5). 491-506
- Nakhleh, M. (1994). A Review of Microcomputer-based Labs: How have they affected science learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 13 (4), 367 -381.
- Nakhleh, M. & Krajcik, J. (1993). A protocol analysis of the influence of technology on students' actions, verbal commentary, and thought process during the performance of acid-base titrations. *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (9), 1149-1168.
- Naylor, S., Keogh, B. & Dowing, B. (2007). Argumentation and Primary Science. *Research in Science Education*. 37, 17-39.
- Newton, L. (2000). Data-logging in practical science: research and reality. *International Journal of Science Education*. 22 (12). 1247-1259.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21 (5), 553-576.
- Ntombela, G. (1999). A marriage of inconvenience? School science practical work and the nature of science. *In* Leach, J. & Paulsen, A. (Eds). *Practical Work in Science Education*. Frederiksberg: Roskilde University Press, 118–133
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Osborne, J. (2000). Science for citizenship. *In* Monk, M. & Osborne, J. (Ed.) *Good practice in science teaching*. Buckingham: Open University Press. 225-240.

- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*. 82 (301) 63-70
- Pacheco, M. (2007). *Manuais escolares de Ciências Físico-Químicas do 3º ciclo do Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Park, J. & Kim, I. (1998). Analysis of students' responses to contradictory results obtained by simple observation or controlling variables. *Research in Science Education*. 28 (3), 365-376
- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 745-754.
- Pedrosa, M. & Martins, I. (2002). Integración de CTS en el sistema educativo portugués. In Membiela, P. (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad – formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones, 111-119.
- Pedroso, M. (2005). *O ensino laboratorial do tópico “Momento Linear”: um estudo com alunos do 11º ano*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Universidade do Minho.
- Perelman, C. (1993). *O Império Retórico. Retórica e argumentação*. Porto: Asa.
- Perelman, C. & Olbrechts-Tyteca L. (1952). *Rhétorique et Philosophie. Pour une théorie de l'argumentation en Philosophie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Perelman, C. & Olbrechts-Tyteca L. (2006). *Tratado de argumentação*. Lisboa: Instituto Piaget (Edição original 1958).
- Pessis-Pasternak G. (1993). *Será preciso queimar Descartes? Do caos à inteligência artificial: quando os cientistas se interrogam*. Lisboa: Relógio de água.
- Phelan, P. & Reynolds, P. (1996). *Argument and evidence. Critical analysis for the social Sciences*. London: Routledge
- Piaget, J. (1928). *El juicio e el razonamiento en el niño*. Madri: Ediciones de La Lectura.
- Piaget, J. (1978). *A psicologia da inteligência*. Lisboa: Livros horizonte LDA. (Edição original 1967)

Pinto-Ferreira, C. (coord.) (2007). PISA 2006 – Competências Científicas dos alunos Portugueses. Lisboa: GAVE do Ministério da Educação (disponível em: <http://www.gave.min-edu.pt>, acedido em 16 de Outubro de 2008)

Pouliot, C. (2008). Students' Inventory of Social Actors Concerned by the Controversy Surrounding Cellular Telephones: A Case Study. *Science Education*, 93, 543 - 559

Popper, K. (1975). *Conhecimento objectivo. Uma abordagem evolucionária*. Belo Horizonte: Editora Itatiaia Limitada

Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual Change. *Science Education*. 66 (2), 211-227.

Praia, J., Cachapuz, A.& Gil-Pérez, D. (2002). Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, 8 (1), 127–145.

Pretto, N. & Serpa L. (2001). *A educação e a sociedade da informação*. In Actas da II Conferência Internacional Challenges'2001/desafios'2001. Universidade Federal da Bahia, 21-41.

Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas*. Lisboa: Gradiva.

Ramalho, G. (coord.) (2003). *PISA 2000 - Conceitos Fundamentais em Jogo na Avaliação de Literacia Científica e Competências dos Alunos Portugueses*. Lisboa: GAVE do Ministério da Educação. (disponível em: <http://www.gave.min-edu.pt>, acedido em 16 de Outubro de 2008)

Ramalho, G. (coord.) (2004). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2003*. Lisboa: GAVE do Ministério da Educação. (disponível em: <http://www.gave.min-edu.pt>, acedido em 16 de Outubro de 2008).

Ramalho, S. (2007). *As actividades laboratoriais e as práticas lectivas e de avaliação adoptadas por professores de Física e Química: uma análise dos efeitos da Reforma Curricular do Ensino Secundário*. Tese de Mestrado (não publicada). Universidade do Minho

Rivard, L. & Straw, S. (2000). *The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study*. *Science Education*, 84, 566 - 593

Rogers, L. (2005). ICT for measurement: datalogging. In Sang D. & Frost R. (Ed.) *Teaching secondary science using ICT*. Londres: Hodder Murray, 16 - 59

- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. & Zeidler, D. (2005) Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (1), 112–138
- Sampson, V. & Clark D. (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education*, 92 (3) 447-472
- Sandoval, W. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89: 634–656
- Sandoval, W. & Reiser B. (2004). Explanation-Driven Inquiry: Integrating Conceptual and Epistemic Scaffolds for Scientific Inquiry. *Science Education*, 88: 345–372
- Sandoval, W. & Millwood, K. (2007). What can argumentation tell us about epistemology? In Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer. 71-88
- Sanmartín, M. (1994). Introdução. In Aristóteles (1994) *Tratados de Lógica (Órganon I - Categorías, Tópicos, sobre Refutaciones sofísticas)*. Madrid: Editorial Gredos, 7-12
- Sanmarti, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 12, 51-61.
- Santos, B. (1989). *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Porto: Afrontamento
- Santos, M. (2002). Relaciones entre Ciência, Tecnologia y Sociedad. In Membiela, P. (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad – formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones, 61-75.
- Santos, W., Mortimer, E. & Scott, H. (2001). A argumentação em discussões socio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. I, (1), 140-152.
- Scanlon, E., Morris E., Di Paolo, T. & Cooper, M. (2002). Contemporary approaches to learning science: Technologically-mediated practical work. *Studies in Science Education*. 38, 73-114.

Scott, P. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: a Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*. 32, 45-80.

Sequeira, C. (2004). *O trabalho laboratorial em manuais escolares de Ciências Naturais: análise de manuais escolares do 7º ano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Séré, M. et al. (2005). *Improving science education: issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe*. European Commission under the Targeted Socio-Economic Research Programme (TSER).

Silva, F. (2002). *O trabalho laboratorial no ensino das Ciências da Natureza: Contribuições das actividades POER para as mudanças conceptual e metológica dos alunos*. Dissertação de Mestrado não publicada. Universidade do Minho

Simon, S., Osborne, J. & Erduran, S. (2003). Systemic teacher development to enhance the use of argumentation in school science activities. In Wallace, J. & Loughran, J. (Eds.). *Leadership and professional development in Science Education. New possibilities for enhancing teacher learning*. Londres: Routledge Falmer, 199–217

Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28, (2–3), 235–260

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*. 23, 9, 903-928.

Simonneaux, L. (2007). Argumentation in socio-scientific contexts. In Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer. 179 - 199

Smith, M. & Scharmann, L. (1999). Defining versus describing the Nature of Science: a Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators. *Science Education*, 493-509

Sorsby, B (1995). Arguments, evidence and discussion in science with young children: The sinking of the "Mary Rose". In Finley, Allchin, Rhees & Fifield (Eds.). *Proceedings of the Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference 2*, Minnesota. Minneapolis, 1110-1116.

- Sorsby, B (1999a). Primary children arguing in Science. *In* Feasey (Org.). *4th Summer Conference for Teacher Education in Primary Science*. Durham, 243 - 254
- Sorsby, B. (1999b) The Child's world and the Scientist's Worl: Can argumentation help to brigde the culture gap? *In Proceedings of the "Science as Culture" Conference*. (disponivel em <http://www.cilea.it/volta99>)
- Stengers, I. (1987). Complexité. Effect de mode ou problème. *In* Stengers (Org.). *D' une science a l'autre. Des concepts nomades*. Paris: Éditions du Seuil, 331 - 351.
- Strauss, A. & Corbin, J. (1990). *Basics of Qualitative Research - Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park: Sage Publications.
- Sutton, C. (1998). Science as conversation: come and see my air pump! *In* Wellington (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* Londres : Routledge, 174-191.
- Tamir, P. (1990). Evaluation of student laboratory work and its role in developing policy. *In* Hegarty-Hazel, E. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 242 – 266.
- Tami, P. (1991). Practical work in school science: an analysis of current practice. *In* Woolnough B. (Ed.). *Practical Science. The role and the reality of practical work in school science*. Philadelphia: Open University Press, 13 -20
- Tapper, J. (1999). Topics and manner of talk in undergraduate practical laboratories. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 447- 464
- Taylor, J. & Dana, T. (2003). Secondary School Physics Teachers' Conceptions of Scientific Evidence: An Exploratory Case Study. *Journal of Research in Science teaching*, 40 (8), 721-736
- Tomkins, S. & Tunnicliffe, S. (2001). Looking for ideas: observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, 23 (8), 791 - 813.
- Toulmin, S. (1958). *Les usages de l'argumentation*. Paris: PUF
- Treagust, D., Harrison A. & Venville G. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Scientific Education*, 18 (2), 213-229.

- Walton, D. (1989). *Informal Logic. A Handbook for critical argumentation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walton, D. (1996). *Argumentation Schemes for Presumptive Reasoning*. New Jersey: Erlbaum Associates, Publishers.
- Watson, R. (2000). The role of practical work. *In* Monk, M. & Osborne, J. (Eds.). *Good practice in science teaching*. Buckingham: Open University Press. p. 57-71
- Watson, R., Swain, J., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26 (1) 25–45.
- Wellington J. (2002). Practical work in science: time for a re-appraisal. *In* Amos, S. & Boohan, R. (Ed.). *Teaching Science in secondary schools*, 55 - 66
- Wellington, J. (2004). Multimedia in science teaching. *In* Barton R. (Ed.). *Teaching secondary science with ICT*. Maidenhead: Open University Press, 87-103
- Wellington J. & Osborne J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Buckingham: Open University Press.
- Woolnough, B. (1983). Exercises, investigations and experiences. *Physics Education*, 18 (2), 60-63
- Woolnough, B. (1998). Authentic Science in Shools, to develop personal Knowledge. *In* Wellington J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* Londres: Routledge, 109-125
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical work in Science*. Cambridge: University Press
- Wu, H. & Huang, Y. (2007). Ninth-Grade Student Engagement in Teacher-Centered and Student-Centered Technology-Enhanced Learning Environments. *Science Education*, 91: 727 – 749
- Valente, M. & Costa Pereira, D. (1990). Algumas considerações sobre sobre a didáctica do conceito de energia. *Gazeta de Física*, 13 (4), 176-181
- Van Dijk, T. (1989). *La ciencia del texto. Un enfoque interdisciplinario*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Van Eemeren, F. & Grootendorst, R. (1992). *Argumentation, Communication and Fallacies. A Pragmatic-dialectical Perspective*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum associates, publishers.

Vasconcelos, F. (1997). *O ensino/aprendizagem de .tópicos de electricidade (8ºano) numa perspectiva de mudança conceptual*. Dissertação de mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

Villalonga F. (2003). Innovación tecnológica e innovación social: aplicaciones sociales de las TIC. (disponível em: <http://www.uoc.edu/dt/20235/index.html>, acedido em 17/10/2008)

Villani, C. e Nascimento, S. (2003). A argumentação e o ensino de ciências: uma actividade experimental no laboratório didáctico de física do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências* 8 (3),187-209, http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID104/v8_n3_a2003.pdf acedido em 17/10/2008)

Von Aufschnaiter, C. *et al.* (2008). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (1), 101-131.

Vieira, C. & Vieira, R. (2006). Produção e Validação de actividades de laboratório promotoras do pensamento crítico dos alunos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3), 452-466

Vygotski, L. (1988). *Pensamiento y Lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Buenos Aires: Ed. La Pléyade. (edição original 1934)

Vygotski, L. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press

Zeidler, D. & Sadler, T. (2007). The role of moral reasoning in argumentation: conscience, character, and care. *In* Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer. 201 – 216

Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, (1) 35-62

ANEXOS

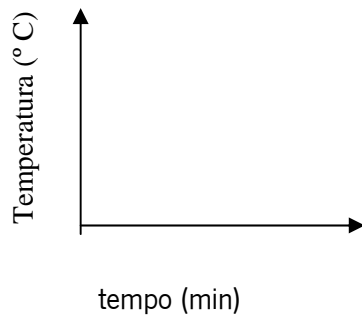
ANEXO I

Fichas de trabalho usadas pelos grupos AT e AS

FICHA DE TRABALHO N° 1

Actividade A - O trabalho que vai ser realizado tem como objectivo o estudo da evolução da temperatura da água durante o aquecimento da mesma em recipiente aberto.

1. Considera um recipiente aberto que contém água à pressão atmosférica e à temperatura ambiente. O recipiente aberto é colocado sobre um disco eléctrico e a água é aquecida até entrar em ebulição. Qual a tua previsão sobre a evolução da temperatura em função do tempo, desde antes do início do aquecimento até dois minutos após a entrada em ebulição. Representa graficamente essa evolução.



1.1. Fundamenta a tua previsão sobre a evolução da temperatura da água.

2. Planifica uma actividade que te permita testar a tua previsão, indicando o material que consideras necessário para a sua execução, tendo em conta que as medições da temperatura devem ser efectuadas com sensores.

- 3.** Executa a actividade planificada, depois de discutida com os colegas e a professora.
- 4.** Compara o gráfico obtido com o gráfico previsto e diz se consideras necessário repensar a tua previsão inicial.

- 5.** Explica a forma do gráfico obtido e faz uma análise crítica da previsão inicial, referindo o que se passa ao nível das partículas durante o aquecimento:

5.1. Antes de entrar em ebulição

5.2. Depois de entrar em ebulição

Actividade B - Na experiência anterior foi provocada a elevação de temperatura da água que se encontrava à pressão atmosférica do meio ambiente. Nesta actividade uma porção de água quente (aproximadamente 70° a 80°) vai ser colocada num ambiente em que o ar vai ser progressivamente rarefeito.

1. O que esperas observar? Porquê?

2. Planifica uma actividade que te permita testar a previsão apresentada. Dispões de uma máquina pneumática com campânula.

3. Executa a actividade planificada, depois de discutida com os colegas e a professora.

4. Regista o que observas.

5. Compara o resultado obtido com o previsto e diz se **consideras** necessário repensar a tua previsão.

6. Explica o resultado obtido e faz uma análise crítica da previsão.

7. Questão/Aplicação

Para a cozedura de alimentos é necessário uma temperatura de 100°C. Tendo em conta a reflexão que até agora foi realizada, explica porque é que para cozinhar alimentos, em grandes altitudes, é necessário o uso de panelas de pressão.

FICHA DE TRABALHO Nº 2

Como sabes, a acetona evapora espontaneamente quando deixada em contacto com o ar. O objectivo deste trabalho é estudar o que se passa durante este processo de evaporação, sem aquecimento, que ocorre à temperatura ambiente e à pressão atmosférica.

1. Em tua opinião, este processo de evaporação espontânea é ou não acompanhado de variação de temperatura? Justifica.

2. Considera as seguintes situações em que ocorre a evaporação espontânea da acetona:

A. A acetona encontra-se dentro de um goblé aberto; nela está mergulhado um sensor para registo da temperatura durante a evaporação.

B. A acetona está embebida num fragmento de algodão; este envolve um sensor que regista a evolução da temperatura durante a evaporação.

2.1. Qual a tua previsão sobre a evolução da temperatura indicada por cada um dos sensores? Justifica.

3. Executa duas actividades que te permitam observar a evaporação da acetona nas duas situações referidas.

4. Observa a evolução das temperaturas e diz se **consideras** necessário repensar a tua previsão.

6. Explica a forma dos gráficos de temperatura em função do tempo referindo o que se passa ao nível das partículas da acetona e do meio envolvente durante esta evaporação, sem aquecimento.

Questão/aplicação

Quando chove verifica-se uma elevação da temperatura ambiente. Explica porquê.

FICHA DE TRABALHO Nº 3

1. O objectivo desta actividade é permitir-te comparar as curvas de arrefecimento de duas porções iguais de leite, à mesma temperatura, superior à do ambiente, contidas em dois copos, em duas situações:

- O copo A está colocado no ar ambiente
- O copo B está mergulhado em água, à temperatura ambiente

1.1. Será que o leite de ambos os copos demora o mesmo tempo a atingir a temperatura ambiente? Justifica.

2. Planifica uma actividade que permita testar a tua previsão, tendo em conta que debes usar sensores de temperatura.

3. Executa a actividade planificada, depois de discutida com os colegas e a professora.
4. Compara os gráficos obtidos com a previsão feita e diz se consideras necessário reformular a tua previsão.

5. Explica o resultado obtido e faz uma análise crítica da previsão inicial.

Questão/aplicação

Mesmo no inverno, é possível fazer ginástica numa sala à temperatura ambiente sem necessidade de estar protegido com roupa especial. No entanto, para fazer hidro-ginástica, a água da piscina tem que estar aquecida acima da temperatura ambiente. Explica porquê?

FICHA DE TRABALHO N° 4

Vão ser realizadas algumas actividades relacionadas com o poder de emissão e absorção da energia radiante.

1. Actividade A1

Esta primeira actividade tem como objectivo comparar o poder de absorção de energia radiante, proveniente de uma lâmpada de incandescência, por parte de corpos metálicos iguais que apenas diferem na sua superfície exterior - pintada de negro, pintada de branco e polida.

1.1. Considera a energia radiante emitida por uma lâmpada de incandescência.

1.1.1. Se compararmos a absorção da referida energia por parte de um corpo metálico pintado de branco com a de outro corpo igual pintado de negro, qual o resultado que esperas encontrar? Justifica.

1.1.2. Se compararmos a absorção da referida energia por parte do corpo pintado de branco com a de outro corpo igual mas cuja superfície exterior seja polida, qual resultado esperas encontrar? Justifica.

1.2. Elabora um plano de trabalho com a finalidade de testares as tuas previsões. Indica o material necessário, para procederes às comparações referidas, tendo em conta que deves usar sensores de temperatura.

1.3 Executa o plano de actividades, depois de discutido com os colegas e o professor.

1.4. Compara os gráficos obtidos com as tuas previsões e diz se consideras necessário repensá-las.

1.5. Explica os resultados obtidos.

2. Actividade A2

Pretende-se comparar a energia absorvida pelos mesmos corpos metálicos iguais que diferem na superfície exterior – pintada de negro, pintada de branco e polida - quando colocados a igual distância de um aquecedor a óleo.

2.1. Considera um aquecedor a óleo que está a radiar energia no comprimento de onda do infravermelho.

2.1.1. Se for comparada a absorção, da referida energia, pelo corpo metálico pintado de branco com a absorção pelo corpo metálico pintado de negro, qual o resultado que esperas encontrar? Justifica.

2.1.2. Se a comparação for feita entre o corpo metálico pintado de branco e o corpo metálico polido, qual o resultado que esperas encontrar? Justifica.

2.2. Elabora um plano de trabalho com a finalidade de testar as tuas previsões. Indica o material necessário, para procederes às comparações referidas, tendo em conta que deves usar sensores de temperatura.

2.3. Executa o plano de actividades, depois de discutido com os colegas e a professora.

2.4. Compara os gráficos obtidos com as tuas previsões e diz se consideras necessário repensá-las.

2.5. Explica os resultados obtidos.

3. Actividade A3

3.1. Vai ser comparada a energia radiada por corpos metálicos iguais que diferem na superfície exterior - pintada de negro, pintada de branco e polida - quando se encontram a temperatura superior à do ambiente.

3.1.1. Qual a tua previsão relativa à comparação do comportamento do corpo pintado de branco com o comportamento do corpo pintado de negro. Justifica.

3.1.2. Qual a tua previsão relativa à comparação do comportamento do corpo pintado de branco com o comportamento do corpo de superfície polida. Justifica.

3.2. Elabora um plano de trabalho com a finalidade de testares as previsões. Indica o material necessário, para procederes às comparações referidas, tendo em conta que deves usares sensores de temperatura.

- 3.3.** Executa o plano de actividades, depois de discutido com os colegas e a professora.
- 3.4.** Compara os gráficos obtidos com as previsões e diz se consideras necessário repensá-las.

3.5. Explica os resultados obtidos.

4. Vais relacionar os resultados obtidos com o corpo pintado de branco e o corpo pintado de preto nas três experiências A1, A2 e A3.

4.1. Diz o que concluíste depois de comparares o poder de absorção de radiação visível, pelo corpo branco e pelo corpo preto, com o poder de absorção de radiação infravermelha pelos mesmos corpos (actividades A1 e A2).

4.2. Diz o que concluíste depois de comparares o poder de absorção de radiação IV, pelo corpo branco e pelo corpo preto, com o poder de emissão de radiação IV, pelos mesmos corpos, quando estão a temperatura superior à do ambiente (actividades A2 e A3).

4.3. A capacidade de um corpo absorver radiação visível, estará relacionada com a capacidade desse mesmo corpo emitir radiação infravermelha, quando está a uma temperatura superior à do ambiente? Justifica.

4.4. A capacidade de um corpo absorver radiação infravermelha estará relacionada com a capacidade, desse mesmo corpo, emitir radiação infravermelha quando está a uma temperatura superior à do ambiente? Justifica.

5. Questões/aplicações:

5.1. Porque é que as garrafas termos apresentam a sua superfície interior espelhada.

5.2. Num dia de verão, a Maria e a Joana lavaram uma toalha de xadrês (tipo bandeira do Boavista) e estenderam-na, ainda molhada, sobre uma mesa ao sol. Passado algum tempo, levantaram a toalha e verificaram que os quadrados negros estavam secos e os brancos ainda molhados. Verificaram, também, que ficou sobre a mesa o desenho da toalha de xadrez, em quadrados secos e molhados. A Joana afirma que os quadrados molhados sobre a mesa correspondem à cor negra; a Maria diz que a mesa ficou molhada por baixo dos brancos. Num dia

de inverno colocaram a toalha a secar junto de um aquecedor e verificaram que os quadrados secaram ao mesmo tempo. Comenta as afirmações da Joana e da Maria e explica a diferença entre as situações em que a toalha é seca ao sol e junto do aquecedor.

5.3. Em textos do princípio deste século podem encontrar-se comentários ao poder emissivo da pele dos negros, afirmando que estes podem suportar mais facilmente o calor, devido ao grande poder emissivo da sua pele. A pele negra, sendo um bom absorvente seria também um bom emissor. Será que esta afirmação é correcta? Justifica a tua resposta.

FICHA DE TRABALHO N° 5

Vão ser realizadas algumas actividades relacionadas com a capacidade dos objectos absorverem a radiação quando a energia radiante incide nos objectos através de uma placa de vidro.

1. Actividade A1

1.1. Considera um corpo (de cor preta) sobre o qual incide energia radiante, emitida por uma lâmpada de incandescência, e outro corpo igual sobre o qual a energia radiante incide através das paredes de uma caixa de vidro.

1.1.1. Se após um pequeno intervalo de tempo forem comparadas as temperaturas atingidas por cada um dos corpos, esperas encontrar diferença entre elas? Justifica indicando qual a temperatura mais elevada.

1.1.2. E se a comparação for feita depois de um grande intervalo de tempo? Justifica indicando qual a temperatura mais elevada.

1.2. Elabora um plano de trabalho com a finalidade de testares as previsões realizadas. Indica o material necessário, para procederes às comparações referidas, tendo em conta que deves usares sensores de temperatura.

1.3. Executa o plano de actividades, depois de discutido com os colegas e o professor.

1.4. Compara os gráficos obtidos com as previsões e explica os resultados encontrados.

ANEXO II

Fichas de trabalho utilizadas pelo grupo FS

FICHA DE TRABALHO Nº 1

1. Actividade A - O trabalho que vai ser realizado tem como objectivo o estudo da evolução da temperatura da água durante o aquecimento da mesma em recipiente aberto.

Considera um recipiente aberto que contém água à pressão atmosférica e à temperatura ambiente. O recipiente aberto é colocado sobre um disco eléctrico e água vai ser aquecida até entrar em ebulição.

1.1. Material

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Disco eléctrico.
- Recipiente para aquecimento da água.
- Água à temperatura ambiente.

1.2. Modo de proceder

1.2.1.- Liga o sensor de temperatura à interface e prepara o software para a recolha de dados e construção do gráfico da temperatura em função do tempo.

1.2.2.- Coloca dentro do recipiente 150 cm³ de água à temperatura ambiente.

1.2.3.- Coloca o recipiente sobre o disco eléctrico e introduz na água a sonda do sensor de temperatura usando um suporte para fixar o sensor.

1.2.4.- Dá início à recolha de dados.

1.2.5.- Liga o disco eléctrico com o botão na posição 3.

1.2.6.- Continua a recolha de dados até 2 minutos após o início da ebulição.

1.2.7.- Observa a evolução do gráfico e relaciona-a com o que observas na água.

1.3. Explica a forma do gráfico de temperatura referindo o que se passa ao nível das partículas durante o aquecimento:

1.3.1.-Antes de entrar em ebulição

1.3..2.-Depois de entrar em ebulição

FICHA DE TRABALHO Nº 2

Como sabes a acetona evapora espontaneamente quando deixada em contacto com o ar. O objectivo deste trabalho é reflectir sobre o que se passa durante este processo de evaporação, sem aquecimento, que ocorre à temperatura e à pressão do meio ambiente.

1. Vão ser consideradas as seguintes situações em que ocorre a evaporação espontânea da acetona:

A. A acetona encontra-se dentro de um recipiente aberto nela está mergulhado um sensor para registo da temperatura durante a evaporação.

B. A acetona está embebida um fragmento de algodão, este envolve um sensor que regista a temperatura durante a evaporação.

2. Material

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Algodão e frasco com acetona.
- Recipiente aberto para colocar a acetona

3. Modo de proceder

3.1.-Liga dois sensores de temperatura à interface e prepara o software para a recolha de dados e construção dos gráficos da temperatura em função do tempo.

3.2.- Dá início à recolha de dados.

3.3.- Coloca um dos sensores dentro de um recipiente com acetona exposto ao ar ambiente de acordo com a situação referida em 1.1.

3.4.- Envolve a sonda do outro sensor de temperatura em algodão molhado em acetona de acordo com a situação referida em 1.2.

3.5.- Observa a evolução das temperaturas e regista o que observares.

4. Explica a forma dos gráficos de temperatura em função do tempo e refere, para as duas situações, o que se passa ao nível das partículas da acetona e do meio envolvente durante esta evaporação sem aquecimento.

Questão aplicação

Quando chove verifica-se uma elevação da temperatura ambiente. Explica porquê.

FICHA DE TRABALHO N.º 3

1.- O objectivo desta actividade é permitir-te comparar as curvas de arrefecimento de duas porções iguais de leite, à mesma temperatura, superior à do ambiente, contidas em dois copos em duas situações:

- O copo A está colocado no ar ambiente
- O copo B mergulhado em água que se encontra à temperatura ambiente

1.1. Material

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Dois copos iguais
- Leite a cerca de 50° C.
- Tina com água à temperatura ambiente e outra tina vazia.

1.2. Modo de proceder

1.2.1.- Liga os dois sensores ao computador por meio da interface e prepara o software para a recolha, em simultâneo, das temperaturas e registo gráfico das mesmas.

1.2.2.- Coloca rapidamente 100 ml de leite em cada copo.

1.2.3.- Introduce um sensor em cada copo de leite e inicia a recolha dos dados verificando que a temperatura do leite é a mesma em ambos os copos.

1.2.4.- Sem interromper a recolha coloca um dos copos dentro da tina sem água e coloca o outro dentro da água contida na outra da tina.

1.2.5.- Observa as curvas durante o arrefecimento e compara a evolução das mesmas.

2. Explica o que observas.

Questão/aplicação:

Mesmo no inverno, é possível fazer ginástica ao ar livre sem necessidade de estar protegido com roupa especial, no entanto, não aguantamos mergulhar em água à temperatura ambiente. Para fazer hidroginástica, a água da piscina tem que estar bastante acima da temperatura ambiente. Explica Porquê?

FICHA DE TRABALHO N° 4

Vão ser realizadas algumas actividades relacionadas com o poder de emissão e absorção da energia radiante.

1. Actividade A1

Esta primeira actividade tem como objectivo comparar o poder de absorção, de energia radiante proveniente de uma lâmpada de incandescência, por parte de corpos metálicos iguais que apenas diferem na cor da sua superfície exterior - pintada de negro, pintada de branco e polida.

1.1. Material disponível:

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Caixas metálicas iguais com as superfícies exteriores - pintada de negro, pintada de branco e polida.
- Lâmpadas de incandescência.

1.2. Modo de proceder

1.2.1.- Coloca um sensor dentro da caixa branca e outro dentro da caixa preta para medir a elevação de temperatura do ar nelas contido quando, durante um certo intervalo de tempo, incidir luz sobre as paredes.

1.2.2.- Prepara o software para o registo gráfico das temperaturas.

1.2.3.- Coloca uma lâmpada de modo a fazer incidir luz, em iguais condições, sobre as duas caixas.

1.2.4.- Faz a recolha dos valores da temperatura durante um intervalo de tempo de 10 minutos e grava o registo gráfico dos mesmos.

1.2.5.- Proceda de igual modo para a caixa branca e a caixa polida fazendo incidir luz em iguais condições e durante o mesmo intervalo de tempo.

1.3. Vais comparar as elevações de temperatura dos corpos para tirares conclusões sobre a absorção da energia.

1.3.1. Considera a absorção da energia, radiada pela lâmpada de incandescência, por parte do corpo metálico pintado de branco e do outro corpo igual pintado de negro. Explica o que observaste.

1.3.2. Considera a absorção da energia, radiada pela lâmpada de incandescência, por parte do corpo metálico pintado de branco e do corpo polido. Explica o que observaste.

2. **Actividade A2**

Pretende-se comparar a absorção de radiação infravermelha, por corpos metálicos iguais que diferem na sua superfície exterior - polida, pintada de negro e pintada de branco, quando colocados a igual distância de um aquecedor a óleo.

2.2. **Modo de proceder**

2.2.1.- Coloca a caixa branca e a caixa preta a igual distância de um aquecedor a óleo.

2.2.2.- Coloca um sensor no interior de cada caixa para medir, durante um certo intervalo de tempo, o aumento de temperatura devido à absorção de radiação IV.

2.2.3.- Prepara o software para o registo gráfico das temperaturas.

2.2.4.- Faz a recolha dos valores das temperaturas durante um intervalo de 10 minutos.

2.2.5.- Grava os gráficos obtidos.

2.2.6.- Proceda de modo idêntico para a caixa polida e a caixa branca registando o aumento da temperatura durante o mesmo intervalo de tempo.

2.2.7.- Grava os gráficos obtidos.

2.3. - Observa os gráficos para tirares conclusões relativamente à absorção da radiação.

2.3.1. Considera a absorção da radiação IV pelo corpo metálico pintado de branco e pelo corpo pintado de negro. Explica o que observaste.

2.3.2. Considera a absorção da radiação IV pelo corpo metálico pintado de branco e pelo corpo polido. Explica o que observaste.

3. **Actividade A3**

3.1. Vai ser comparada a emissão de radiação infravermelha, por corpos metálicos iguais que diferem na sua superfície exterior - pintada de negro, pintada de branco e polida - quando se encontram a temperatura superior à do ambiente.

3.2. Modo de proceder

3.2.1.- Enche com água quente, à mesma temperatura, a caixa branca, a caixa preta e a caixa polida.

3.2.2.- Coloca um sensor no interior de cada uma das caixas para medir o abaixamento de temperatura devido à emissão de radiação IV.

3.2.3.- Prepara o software para o registo gráfico das temperaturas.

3.2.4.- Faz a recolha dos valores das temperaturas durante um intervalo de 10 minutos.

3.3. - Vais observar os gráficos das curvas de arrefecimento de cada uma das caixas para comparares a emissão de radiação IV.

3.3.1. Considera as curvas de arrefecimento da caixa metálica pintada de branco e da caixa metálica pintado de negro. Explica o que observaste comparando a quantidade de radiação emitida por cada uma destas caixas.

3.3.2. Considera as curvas de arrefecimento da caixa metálica pintada de branco e da caixa polida. Explica o que observaste comparando a quantidade de radiação emitida por cada uma destas caixas.

4. Vais relacionar os resultados obtidos com o corpo pintado de branco e o corpo pintado de preto nas três experiências A1, A2 e A3.

4.1. Diz o que concluíste depois de comparares o poder de absorção de radiação visível, pelo corpo branco e pelo corpo preto, com o poder de absorção de radiação infravermelha pelos mesmos corpos (actividades A1 e A2).

4.2. Diz o que concluíste depois de comparares o poder de absorção de radiação IV, pelo corpo branco e pelo corpo preto, com o poder de emissão de radiação IV, pelos mesmos corpos quando estão a temperatura superior à do ambiente (actividades A2 e A3).

4.3. A capacidade de um corpo absorver radiação visível, estará relacionada com a capacidade desse mesmo corpo emitir radiação infravermelha, quando está a uma temperatura superior à do ambiente? Justifica.

4.4. A capacidade de um corpo absorver radiação infravermelha, estará relacionada com a capacidade desse mesmo corpo emitir radiação infravermelha, quando está a uma temperatura superior à do ambiente? Justifica.

5. Questões/aplicação

5.1. Porque é que as garrafas termos apresentam a sua superfície interior espelhada.

5.2. Num dia de verão, a Maria e a Joana lavaram uma toalha de xadrês (tipo bandeira do Boavista) e estenderam-na, ainda molhada, sobre uma mesa ao sol. Passado algum tempo, levantaram a toalha e verificaram que os quadrados negros estavam secos e os brancos ainda molhados. Verificaram, também, que ficou sobre a mesa o desenho da toalha de xadrez, em quadrados secos e molhados. A Joana afirma que os quadrados molhados sobre a mesa correspondem à cor negra; a Maria diz que a mesa ficou molhada por baixo dos brancos. Num dia de inverno colocaram a toalha a secar junto de um aquecedor e verificaram que os quadrados secaram ao mesmo tempo. Comenta as afirmações da Joana e da Maria e explica a diferença entre as situações em que a toalha é seca ao sol e junto do aquecedor.

5.3. Em textos antigos, pode encontrar-se a afirmação de que os negros suportam mais facilmente o calor. A pele negra, sendo um bom absorvente da radiação solar, seria também um bom emissor de radiação infravermelha. Assim, devido ao grande poder emissivo da sua pele, os negros poderiam suportar o calor mais facilmente do que os brancos. Será que esta afirmação é correcta? Justifica a tua resposta.

FICHA DE TRABALHO Nº 5

Vão ser realizadas algumas actividades relacionadas com a capacidade dos objectos emitirem/absorverem energia radiante quando a radiação incide nos objectos através de uma placa de vidro.

1. Actividade A1

Considera um corpo (de cor negra) sobre o qual incide directamente energia radiante, emitida por uma lâmpada de incandescência, e outro corpo igual sobre o qual a energia radiante incide através de uma parede de vidro. Vai ser comparada a elevação de temperatura do corpo em cada uma das condições.

1.1. Material disponível:

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensores de temperatura.
- Duas caixas metálicas iguais com a superfície exterior pintada de negro.
- Uma lâmpada de incandescência.
- Uma caixa de vidro com orifício para passagem de um sensor.
- Um relógio

1.2. Modo de proceder:

1.2.1. Coloca uma lâmpada de incandescência em posição adequada para fazer incidir luz, em iguais condições, sobre cada uma das caixas pintadas de negro.

1.2.2. Coloca a caixa de vidro sobre uma das caixas de modo a interceptar a luz proveniente da lâmpada.

1.2.3. Coloca um sensor dentro de cada uma das caixas.

1.2.4. Prepara o software para obteres a representação gráfica da elevação de temperatura no interior das caixas.

1.2.5. Dá início à recolha de dados e, ao fim de 5 minutos, sem interromperes a recolha, compara os gráficos obtidos. Explica o que observares.

1.2.6. Depois de decorrido um intervalo de tempo de 20 minutos compara novamente os gráficos obtidos. Explica o que observares.

2. Actividade A2

Vai ser comparada a quantidade de energia absorvida por um corpo quando a energia radiante, emitida por um aquecedor, incide directamente sobre esse corpo e quando incide através de uma parede de vidro.

2.1. Material disponível:

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Duas caixas metálicas iguais com a superfície exterior pintada de negro.
- Um aquecedor de óleo.
- Uma campânula de vidro com orifício.

2.2. Modo de proceder:

2.2.1. Coloca as duas caixas iguais à distância de 10 cm de um aquecedor

2.2.2. Coloca uma campânula de vidro sobre uma das caixas.

2.2.3. Liga os sensores de temperatura à interface e prepara o software para a recolha de dados e construção dos gráficos da temperatura em função do tempo.

2.2.4. Dá início à recolha de dados que deve decorrer durante 10 min.

2.2.5. Compara os gráficos obtidos nas duas condições.

2.2.6. Explica o que observaste.

3. Actividade A3

Considera um corpo (de cor negra) que se encontra a uma temperatura superior à do ambiente, e outro corpo igual à mesma temperatura que é colocado dentro de uma caixa de vidro. Vai ser comparado o abaixamento de temperatura durante o arrefecimento do corpo em cada uma das condições.

3.1. Material disponível:

- Sistema de aquisição e tratamento de dados com sensor de temperatura.
- Duas caixas metálicas iguais pintadas de negro e cheias de água quente.
- Uma campânula de vidro com orifício para passagem de um sensor.

3.2. Modo de proceder:

3.2.1. Enche as duas caixas iguais com água quente à mesma temperatura.

3.2.2. Coloca uma das caixas dentro da campânula de vidro.

3.2.3. Coloca um sensor dentro de cada uma das caixas.

3.2.4. Prepara o software para o registo gráfico das temperaturas durante o arrefecimento.

3.2.5. Dá início à recolha de dados que deve decorrer durante 10 min.

3.2.6. Compara as curvas de arrefecimento obtidas.

3.2.7. Explica aquilo que observaste.

ANEXO III

Questionário utilizado como pré-teste e pós-teste

Questionário

Este questionário destina-se a conhecer a tua explicação para alguns fenómenos, já referidos ao longo da tua vida escolar. Apresenta as explicações pedidas e, nas questões em que seja necessário, assinala a afirmação que consideras correcta, colocando uma cruz no respectivo quadrado.

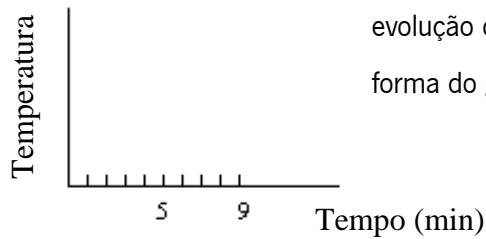
1.- Um púcaro de pirex com água e uma tesoura de aço foram introduzidos numa estufa que se encontrava preparada para manter, no seu interior, a temperatura constante de 80° C. Assinala a temperatura a que, passadas algumas horas, se encontrará cada um dos elementos (púcaro, água e tesoura) indicados no quadro abaixo.

	Temperatura		
	Inferior a 80 ° C	Igual a 80 ° C	Superior a 80 ° C
Púcaro			
Água			
Tesoura			

Justifica a tua resposta.

2 – Uma colher metálica a temperatura elevada, foi introduzida dentro de um cafeteira de pirex com água fria. Passado algum tempo verificou-se que a água estava morna e a colher estava à mesma temperatura da água. Explica como isso aconteceu.

3.- Sobre um disco eléctrico foi colocado um púcaro de aço com água. Ao fim de 5 min a água entrou em ebulição a qual foi mantida durante 4 minutos. Faz uma representação gráfica da



4.- Uma cozinheira pretendia cozer batatas. Para o efeito utilizou duas panelas iguais, com igual quantidade de água à mesma temperatura, que colocou em dois bicos de gás, um grande e um pequeno. Verificou que a água da panela colocada no bico pequeno levou mais tempo a entrar em ebulição do que a da panela colocada no bico grande. Contudo, as batatas, colocadas no momento em que a água entrou em ebulição demoraram, em ambas as panelas, 10 minutos a cozer. Explica porquê.

5.- A Joana, a Rita e a Cláudia, foram para a praia e levaram uma garrafa com água que pretendiam que se mantivesse fresca. A Joana propôs que colocassem a garrafa ao sol, embrulhada numa toalha que deveriam manter molhada. A Rita defendeu que a garrafa fosse embrulhada na toalha molhada, mas colocada à sombra. A Cláudia defendeu que bastava por a garrafa à sombra e que a toalha molhada de nada servia.

Concordas com Cláudia – Porquê?

Concordas com a Rita – Porquê?

Concordas com a Joana - Porquê?

6.- Nas regiões geladas, o frio torna-se mais intenso quando começa a brilhar o sol e se inicia o degelo. Explica porquê?

7.- A Luísa acordou tarde e, com a pressa, deixou ferver o leite para o pequeno almoço. Pôs o leite, ainda muito quente, na chávena. Como estava atrasada, decidiu colocar a chávena a arrefecer em água que se encontrava à temperatura ambiente. Qual a tua opinião sobre o procedimento da Luísa:

- Foi correcto pois, assim, o leite arrefeceu mais depressa.
- Foi inútil porque é indiferente deixar a chávena em contacto com o ar ou em água à temperatura ambiente.

Justifica a tua opção.

8.- No inverno podemos fazer ginástica com uma temperatura ambiente de 15 °C, ou até menos, durante bastante tempo. No entanto, não aguentamos mais que alguns minutos a fazer

hidroginástica, dentro de água que esteja aquela mesma temperatura de 15°; temos que fazer hidroginástica em água aquecida acima da temperatura ambiente. Explica porquê.

9.- Quando um carro está estacionado ao sol, com janelas fechadas, verificamos que a temperatura dentro do carro:

- É superior à temperatura exterior.
- É igual à temperatura exterior.
- É inferior à temperatura exterior.

Justifica a escolha:

10.- Plantas provenientes de países tropicais desenvolvem-se melhor em estufas porque nelas a temperatura é mais elevada. Explica porque é que a temperatura dentro das estufas é elevada.

11.-Uma cozinheira foi comprar formas de metal para cozer bolos, o comerciante aconselhou, em vez de formas metálicas brilhantes, formas metálicas com revestimento de cor negra e afirmou que estas aquecem melhor. Concordas ou não com esta afirmação do comerciante? Justifica a resposta.

12.- Se num dia de sol caírem sobre a neve folhas que apenas diferem na cor (amarelas, verdes, castanhas etc.), verifica-se que as folhas mais escuras se enterram mais rapidamente na neve. Explica porquê.

13.- Joana e a Maria colocaram duas camisolas, do mesmo material, uma preta e outra branca, a secar junto de um aquecedor a óleo. A Maria escolheu a preta, pensando que iria secar mais depressa. A Joana disse que preferia a branca pois secaria mais rapidamente.

- A Maria tem razão.
- A Joana tem razão.
- Nenhuma delas tem razão.

Justifica a tua resposta

II PARTE

Tendo em conta o conhecimento que até agora adquiriste diz:

O que é uma conclusão

O que é uma hipótese

O que é uma evidência

O que é uma teoria científica

O que é um argumento

ANEXO 4

Tópicos indicadores de uma melhor compreensão, pelos alunos, dos conceitos abordados em cada conjunto de questões do questionário

**Tópicos indicadores de uma melhor compreensão, pelos alunos, dos conceitos
abordados em cada conjunto de questões do questionário**

<p>Nas questões 1 e 2</p>	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - referir que os corpos ficam à mesma temperatura - referir o princípio do equilíbrio térmico - explicitar a transferência de energia do corpo a temperatura mais elevada para o corpo a temperatura mais baixa - explicitar o significado físico de temperatura em termos de energia de movimento das partículas. <p>Nos casos em que, no pré-teste, usam linguagem que traduz concepções alternativas falando em 'transferir de temperatura' ou em 'ceder temperatura' ou 'ceder calor' devem passar a falar em transferência de energia. No entanto, nos casos em que, no pré-teste, não existe resposta ou respondem incorrectamente se passarem a referir o facto de os corpos ficarem à mesma temperatura mesmo usando linguagem incorrecta e sem referência ao princípio do equilíbrio considera-se que apresentam evolução</p>
<p>Nas questões 3 e 4</p>	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - referir o facto de o valor da temperatura se manter constante durante a ebulição - explicitar o significado físico de temperatura em termos de energia de movimento das partículas - explicar o facto de, durante a ebulição, a porção de água estar a receber energia do meio ambiente e a sua temperatura se manter constante, referindo a energia necessária para destruir as ligações entre as partículas
<p>Nas questões 5 e 6</p>	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identificar as mudanças de estado que ocorrem em cada um dos casos - referir a energia necessária para o processo de mudança de estado - explicitar em cada uma das situações de onde provém a energia necessária para a mudança de estado explicando o que se passa a nível das partículas
<p>Nas questões 7 e 8</p>	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - referir as transferências de energia entre os corpos em contacto - referir a condutividade térmica e o facto de esta ser maior na água do que no ar - explicitar quais as transferências de energia que ocorrem - relacionar a rapidez com que é estabelecido o equilíbrio térmico entre um corpo e o meio envolvente com a condutividade desse meio.
<p>Nas questões 9 e 10</p>	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - referir a retenção da radiação IV pelo vidro - referir que o aquecimento dos corpos que se encontram, no interior da estufa resulta da radiação visível que entra dentro da estufa - explicar que esses corpos que se encontram no interior da estufa emitem radiação IV e que é retida dentro da estufa pelo facto da radiação IV ser retida pelas paredes de vidro

Nas questões 11, 12 e 13	<p>As respostas completas devem:</p> <ul style="list-style-type: none">- referir que a radiação visível é melhor absorvida pelos corpos de cor preta do que pelos de cor branca.- referir que a radiação IV é absorvida pelos corpos brancos e pelos corpos pretos de modo quase idêntico e que uma superfície metalizada polida reflecte grande parte da mesma. <p>Se nas situações em que está em causa a radiação IV admitiram, no pré-teste, que os corpos brancos se comportavam de modo análogo ao que apresentaram face à luz visível, considera-se que evoluíram desde que reconheçam que o comportamento dos corpos branco e preto é diferente face à radiação visível e à radiação IV.</p>
-----------------------------------	---

