



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa

**As actividades laboratoriais e a explicação de
fenómenos físicos: uma investigação centrada
em manuais escolares, professores e alunos do
Ensino Básico**



Universidade do Minho

Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa

As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico

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

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

DECLARAÇÃO

Nome: Alcina Maria Silva Mota Figueiroa

Endereço electrónico: afigueiroa@iol.pt

Telefone: 227 825 300

Número de Bilhete de Identidade: 3693396

Titulo da Tese: As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico

Orientadora: Professora Doutora Laurinda Sousa Ferreira Leite

Ano de conclusão: 2007

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, 10 de Abril de 2007

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A consecução de um trabalho de investigação desta envergadura, para além do empenho e dedicação, por parte de quem o realiza, requer, igualmente, a disponibilidade e o contributo de outros intervenientes. Assim, a todos, sem excepção, exprimo os meus reconhecidos agradecimentos:

À minha orientadora, Professora Doutora Laurinda Leite, dirijo a minha primeira palavra de reconhecimento. Para além de orientadora dedicada, de excepcional profissionalismo, a disponibilidade, a compreensão e a cordialidade foram uma constante que para mim dispensou, ao longo de todos estes anos.

Ao Carlos, meu marido, pelo constante encorajamento e apoio que me dispensou, durante todo o tempo que o trabalho me ocupou, sobretudo, nos momentos de maior desalento.

A todos aqueles que, directa ou indirectamente, prestaram o seu contributo no processo de validação de instrumentos e de recolha de dados, nomeadamente, os órgãos de gestão das várias escolas, que autorizaram a recolha de dados, os professores e os alunos que, de uma forma simpática e acolhedora, se disponibilizaram a participar na investigação.

Dirijo um agradecimento especial a todos os colegas e amigos que, de alguma forma, colaboraram na realização deste trabalho e que, atenciosamente, me dedicaram o seu tempo.

AS ACTIVIDADES LABORATORIAIS E A EXPLICAÇÃO DE FENÓMENOS FÍSICOS

Uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico

Resumo

Na escolaridade Básica, o principal objectivo da Educação em Ciências deve ser o de formar cidadãos cientificamente cultos capazes de tirar partido das Ciências e da tecnologia e de participar activamente na sociedade em que estão integrados. Para tal, o ensino das Ciências deverá criar condições que permitam aos alunos desenvolver competências que são relevantes no dia a dia de cada cidadão, independentemente da profissão que desempenha. Entre essas competências conta-se, por um lado, a recolha de dados e a selecção de evidências com vista à construção de argumentos empiricamente fundamentados e de explicações de fenómenos físicos e naturais, e, por outro lado, a elaboração e o teste de previsões deduzidas a partir de ideias e teorias. Ao longo da história das Ciências, constata-se que tanto o papel dos dados na construção de explicações e no desenvolvimento de teorias como a aceitação de previsões deduzidas a partir de teorias sofreram alterações consideráveis, influenciadas por aquilo que se aceitava ser o conhecimento científico. A investigação centrada nestas problemáticas sugere que alunos, professores e autores de manuais escolares usam e relacionam de diferentes formas os dados, as teorias e as evidências, nomeadamente, na construção de explicações de fenómenos naturais.

A presente investigação, centrada no Ensino Básico e no tema “características e comportamentos do ar”, teve como finalidades analisar as explicações: i) associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares de ciências; ii) que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de elaborar para alguns fenómenos físicos, bem como as que eles próprios consideram adequadas para esses fenómenos; iii) que os alunos formulam, para os mesmos fenómenos físicos, reproduzidos em contexto laboratorial.

A recolha de dados envolveu: uma análise, em 30 manuais escolares de ciências (de 4º, 5º e 8º anos), dos tipos de explicação associados às actividades laboratoriais relacionadas com o tema seleccionado, bem como do modo como lidavam com a inter-relação dados/evidências/ conclusões; a aplicação de um questionário, que incluía cinco situações problemáticas centradas em fenómenos físicos relacionados com o tema escolhido, a um grupo de 165 professores (divididos em três subgrupos de 55 professores por cada um dos três ciclos do Ensino Básico); a realização de uma

entrevista, individual, a 75 alunos, (divididos em três subgrupos de 25 alunos por cada ano terminal do Ensino Básico), centrada nas mesmas cinco situações problemáticas. Os professores tinham que apresentar a explicação que consideravam que os alunos do último ano do ciclo que leccionavam deveriam ser capazes de formular para o fenómeno descrito e, caso não considerassem essa explicação completa, tinham que formular a que eles próprios consideravam adequada. Os alunos tinham que prever (fundamentadamente) o que aconteceria se algo fosse feito e, depois de observarem o fenómeno, tinham que explicar as observações efectuadas.

Os dados foram analisados com base numa tipologia de explicações e numa grelha de análise da inter-relação dados/evidências/conclusões/ disponíveis na literatura.

Os resultados obtidos sugerem que quer os manuais escolares, quer os professores, quer os alunos, tendem a usar explicações pouco complexas, privilegiando as explicações descritivas e as causais. Em números consideráveis de actividades, os manuais apresentam explicações que nem são apoiadas nas necessárias evidências e nem derivam de modelos teóricos, usados explicitamente, para explicar os fenómenos. Os professores, especialmente os dos 1º e 2º ciclos, parecem ter algum desconhecimento das explicações científicas adequadas e ser pouco ambiciosos no que respeita às explicações a elaborar pelos seus alunos. Estes, por sua vez, tendem a fornecer explicações influenciadas pelas suas vivências quotidianas, e teórica e empiricamente pouco fundamentadas.

Assim, as conclusões desta investigação evidenciam a necessidade de os professores e os manuais escolares prestarem mais atenção à questão do ensino e da aprendizagem da explicação científica e do desenvolvimento de capacidades explicativas dos alunos. Todavia, a consecução destes objectivos requer uma grande aposta na formação, científica e didáctica, dos professores e um adequado controlo da qualidade dos manuais escolares.

LABORATORY ACTIVITIES AND THE EXPLANATION OF PHYSICAL PHENOMENA

A research study focusing on school textbooks, teachers and students

Abstract

It is widely accepted that the main goal of science education for all students should be education for citizenship. The reason for that has to do with the need to prepare students to take profit from science and technology and to behave as active and informed citizens in scientifically advanced societies. To attain this goal science teaching should enable students to develop competences that are relevant to citizens' daily lives, irrespective of their future jobs. Among such competences are those related with data collection and evidence selection in order to build empirically based arguments, as well as those related to prediction and testing based on theoretical deductions. Throughout the history of science, the role of data in explanation construction and theory development was well as the acknowledgement of predictions based on theories were dependent on what was recognized as scientific knowledge at the moment. Research focusing on these issues suggests that students, teachers and textbook authors use and relate data, evidences and theories in several different ways, namely when they are dealing with the explanation of physical phenomena.

This research study focuses on both compulsory education (up to 9th grade) and the topic "characteristics and behaviour of air". Its aims at analysing the explanations: i) related with laboratory activities included in school science textbooks; ii) that science teachers would like their students to construct for five phenomena related to the theme referred to above, as well as those that they themselves believe are the most complete with regard to those phenomena; iii) that students construct to the same phenomena, when those phenomena are reproduced in a laboratorial context.

Data collection involved: an analysis of both the characteristics of the interrelationship data/evidence/theory and the types of explanation associated with the lab activities related to the topic and given in 30 (4th, 5th and 8th grade) school science textbooks; the application of a questionnaire (concentrating on five problem situations related to physical phenomena within the scope of the topic selected for the purpose of this research) to 165 science teachers, belonging 55 to each one of the

three compulsory education levels; the undertaken of an individual interview (focusing on the same five problem situations) with 75 students, belonging 25 to each one of the three compulsory education levels. For each problem situation, teachers were asked to give the explanations they would like students in the higher grade of the school level they were teaching to offer. Afterwards, if they did not take those explanations as the most complete, they should give the one that they themselves would take as the most complete one. Students were asked to predict (and explain) what they think would happen if a certain thing was done, to observe the phenomena, and to explain the observations they could then make.

For data analysis purposes, a typology of explanations and a data/evidence/theory analysis grid, available in the literature were used.

Results suggest that school textbooks as well as teachers and students tend to use the two simplest levels of explanation that is, descriptive and causal explanations. For a meaningful number of activities, school textbooks give explanations that are neither supported by empirical evidence nor explicitly deduced from theoretical models. Teachers, especially those working with the two lower school levels, seem to lack some knowledge on the appropriate scientific explanations and to not be that much demanding with regard to students' explanations of the physical phenomena selected for this research. As far as students are concerned, they tend to base the explanations on their everyday experiences and to omit empirical and theoretical support.

Thus, the conclusions of this research make it evident the need for teachers and textbook authors to give more attention to the teaching and learning of scientific explanations as well as to the development of students' explanation related competences. However, success on these issues requires not only an adequate teacher education intervention, but also an appropriate textbook quality control.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
LISTA DE QUADROS	xvii
LISTA DE TABELAS	xxi
LISTA DE FIGURAS	xxiii

CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução	1
1.2. Contextualização geral da investigação	1
1.2.1. A Formação Científica dos cidadãos	2
1.2.1.1. Evolução das perspectivas sobre a formação científica dos cidadãos	2
1.2.1.2. Perspectivas sobre a educação em Ciências sobre a formação científica dos cidadãos	6
1.2.1.3. Finalidades curriculares da educação científica em Portugal	10
1.2.2. A explicação científica enquanto dimensão da Literacia científica	13
1.2.2.1. A explicação científica em Educação em Ciências	13
1.2.2.2. A explicação científica perspectivada nos documentos curriculares	16
1.3. Questões de investigação	19
1.4. Importância do estudo	20
1.5. Limitações do estudo	22
1.6. Plano geral da tese	24

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Introdução	27
2.2. Perspectivas acerca da natureza e características das Ciências e sua relação com a explicação de fenómenos físicos e naturais	27

2.2.1. A construção do conhecimento e das explicações científicas: breve resenha	28
2.2.2. As concepções sobre as Ciências e sua relação com o ensino e a aprendizagem das explicações de fenómenos físicos e naturais	38
2.3. Perspectivas acerca da explicação de fenómenos físicos e naturais	60
2.3.1. A evolução do conceito de explicação científica	61
2.3.2. A explicação de fenómenos físicos e naturais o processo de ensino e aprendizagem ..	70
2.4. Alguns estudos sobre a forma como manuais escolares, professores e alunos lidam com a explicação científica	84
2.4.1. Estudos desenvolvidos com manuais escolares	84
2.4.2. Estudos realizados com professores e futuros professores	88
2.4.3. Estudos concretizados com alunos	94
2.5. Notas finais	103

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

3.1. Introdução	105
3.2. As explicações de fenómenos físicos associadas às propostas de actividades laboratoriais em manuais escolares de Ciências do Ensino Básico	105
3.2.1. Descrição do estudo	105
3.2.2. População e amostra	107
3.2.3. Selecção da técnica de recolha de dados	108
3.2.4. Instrumentos de recolha de dados	110
3.2.5. Recolha de dados	115
3.2.6. Tratamento e análise de dados	117
3.3. As explicações que os professores admitem que os alunos devem formular para fenómenos físicos e as explicações que eles próprios consideram completas	118
3.3.1. Descrição do estudo	118
3.3.2. População e amostra	119
3.3.3. Selecção da técnica de recolha de dados	126
3.3.4. Instrumentos de recolha de dados	128
3.3.5. Recolha de dados	131
3.3.6. Tratamento e análise de dados	132

3.4. As explicações que os alunos do Ensino Básico elaboram para fenómenos físicos	
reproduzidos em actividades laboratoriais	134
3.4.1. Descrição do estudo	134
3.4.2. População e amostra	135
3.4.3. Selecção da técnica de recolha de dados	139
3.4.4. Instrumentos de recolha de dados	140
3.4.5. Recolha de dados	144
3.4.6. Tratamento e análise de dados	145

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Introdução	147
4.2. As explicações de fenómenos físicos associadas às propostas de actividades laboratoriais	
em manuais escolares de Ciências do Ensino Básico	148
4.2.1. Manuais escolares do 4º ano de escolaridade (1º ciclo)	149
4.2.1.1. Análise dos tipos de explicação	149
4.2.1.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões	152
4.2.2. Manuais escolares do 5º ano de escolaridade (2º ciclo)	157
4.2.2.1. Análise dos tipos de explicação	157
4.2.2.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões	160
4.2.3. Manuais escolares do 8º ano de escolaridade (3º ciclo)	165
4.2.3.1. Análise dos tipos de explicação	165
4.2.3.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões	169
4.2.4. Discussão dos resultados obtidos no estudo desenvolvido com manuais escolares	175
4.3. Os professores e a explicação de fenómenos físicos	180
4.3.1. Situação 1: Balão dentro da garrafa	181
4.3.1.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem	
o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele	182
4.3.1.2. Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão	
ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	182
4.3.1.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação	

que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele	191
4.3.1.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa	192
4.3.2. Situação 2: Papel dentro do copo	196
4.3.2.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o facto de o papel se manter seco	196
4.3.2.2. Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	198
4.3.2.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	204
4.3.2.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o facto de o papel se manter seco	205
4.3.3. Situação 3: Êmbolo da seringa	208
4.3.3.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o facto de o êmbolo, quando pressionado, não descer totalmente	208
4.3.3.2. Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo, quando pressionado, não descer totalmente	209
4.3.3.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente	218
4.3.3.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente	219
4.3.4. Situação 4: Balão na garrafa com água quente	223
4.3.4.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o aumento de volume do balão	223
4.3.4.2. Explicação que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	224
4.3.4.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação	

que considera que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	234
4.3.4.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o aumento de volume do balão	235
4.3.5. Situação 5: Água e funil	239
4.3.5.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem a retenção de alguma água dentro do funil	239
4.3.5.2. Explicação que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	241
4.3.5.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	249
4.3.5.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil	249
4.3.6. Discussão dos resultados obtidos no estudo realizado com os professores	253
4.4. Os alunos e a explicação de fenómenos físicos	260
4.4.1. Situação 1: Balão dentro da garrafa	260
4.4.1.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão, colocado na garrafa, quando se sopra para dentro dele	260
4.4.1.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o balão, quando se sopra para dentro dele	261
4.4.1.3. Explicações construídas pelos alunos após constatarem o reduzido enchimento do balão, quando se sopra para dentro dele	267
4.4.2. Situação 2: Papel dentro do copo	272
4.4.2.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao papel colocado dentro do copo	272
4.4.2.2. Explicações construídas pelos alunos para justificar as previsões que elaboraram para o papel colocado dentro do copo	273
4.4.2.3. Explicações construídas pelos alunos depois de observarem que o	

papel colocado dentro do copo se mantém seco	278
4.4.3. Situação 3: Êmbolo da seringa	284
4.4.3.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao êmbolo da seringa, quando é pressionado, depois de se tapar com o dedo o orifício da seringa	284
4.4.3.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o êmbolo	285
4.4.3.3. Explicações construídas pelos alunos depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente	291
4.4.4. Situação 4: Balão na garrafa com água quente	296
4.4.4.1. Previsões formuladas pelos alunos sobre o que acontece ao balão colocado no gargalo de uma garrafa, quando esta é introduzida em água, a temperatura elevada	296
4.4.4.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o balão, assim que se colocava a garrafa em água quente	297
4.4.4.3. Explicações construídas pelos alunos depois de observarem o aumento de volume do balão, assim que se colocava a garrafa em água quente	303
4.4.5. Situação 5: Água e funil	310
4.4.5.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece à água colocada dentro do funil	310
4.4.5.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para a água colocada dentro do funil	311
4.4.5.3. Explicações construídas pelos alunos depois de constatarem a retenção de parte da água dentro do funil	316
4.4.6. Discussão dos resultados obtidos no estudo concretizado com os alunos	322

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

5.1. Introdução	329
5.2. Conclusões	329

5.2.1. Conclusões do estudo desenvolvido com manuais escolares	330
5.2.2. Conclusões do estudo realizado com os professores	332
5.2.3. Conclusões do estudo concretizado com os alunos	334
5.2.4. Conclusão geral	336
5.3. Implicações para a Educação em Ciências	336
5.3.1. Implicações ao nível dos manuais escolares	337
5.3.2. Implicações ao nível dos professores	338
5.3.3. Implicações ao nível da formação dos alunos	340
5.4. Sugestões para futuras investigações	341
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	345
ANEXOS	361
ANEXO 1. Identificação dos manuais escolares analisados	363
ANEXO 2. Questionário aplicado aos professores	369
ANEXO 3 Exemplos de transcrições de entrevistas realizadas aos alunos.	395

LISTA DE QUADROS

1. Caracterização dos diversos tipos de explicação considerados para efeitos de análise de dados	112
2. Categorias de análise da inter-relação dados/evidências/conclusões	114
3. Caracterização dos professores participantes no estudo	124
4. Frequência de cursos de Formação Contínua	125
5. Resumo das principais características das situações problemáticas consideradas	130
6. Exemplos de explicação para cada um dos tipos de explicação utilizados em cada uma das situações físicas apresentadas (“respostas - padrão”)	133
7. Localização e tipo das escolas seleccionadas	137
8. Estrutura geral da entrevista	141
9. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	184
10. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	186
11. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	189
12. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa .	193
13. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa	194
14. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa .	196
15. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	199
16. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	201
17. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco	206
18. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco	207
19. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente	211
20. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente	212
21. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente	217
22. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram	

completas para o facto de o êmbolo não descer totalmente	220
23. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para o facto de o êmbolo não descer totalmente	222
24. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	226
25. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	227
26. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	231
27. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão	236
28. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão	236
29. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão	238
30. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	242
31. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	244
32. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil	250
33. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil	251
34. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão quando se sopra para dentro dele	262
35. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão quando se sopra para dentro dele	265
36. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele	268
37. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele	270
38. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel	274
39. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel	276
40. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem que o papel se mantém seco	280
41. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem que o papel se mantém seco	282
42. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos	

construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo	286
43. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo	287
44. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo	290
45. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente	292
46. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente	295
47. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente	298
48. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente	300
49. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente	302
50. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente	304
51. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente	306
52. Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente	309
53. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água dentro do funil	312
54. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água dentro do funil	314
55. Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil	317
56. Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil	319

LISTA DE TABELAS

1. Tipos de explicação associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 4º ano de escolaridade	149
2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 4º ano de escolaridade	152
3. Tipos de explicação associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 5º ano de escolaridade	157
4. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 5º ano de escolaridade	161
5. Tipos de explicação associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 8º ano de escolaridade	165
6. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 8º ano de escolaridade	169
7. Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o reduzido enchimento do balão	181
8. Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	182
9. Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão	191
10. Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa	192
11. Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o facto de o papel se manter seco	197
12. Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	198
13. Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco	204
14. Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco	205
15. Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o facto de o êmbolo não descer totalmente	209
16. Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente	210
17. Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente	218
18. Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente	219
19. Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o aumento do volume do balão	224
20. Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento do volume do balão	225

21. Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão	234
22. Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão	235
23. Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para a retenção de parte da água dentro do funil	240
24. Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	241
25. Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil	249
26. Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil	250
27. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão depois de se soprar para dentro dele	260
28. Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão quando se sopra para dentro dele	261
29. Características das explicações que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele	267
30. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao papel quando se inverte e mergulha o copo dentro de água	273
31. Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel colocado dentro do copo	273
32. Características das explicações que os alunos construíram após observarem quando o papel de mantém seco	279
33. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao êmbolo da seringa quando é pressionado	284
34. Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo	285
35. Características das explicações que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente	291
36. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão depois de se colocar a garrafa em água a temperatura elevada	296
37. Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente	297
38. Características das explicações que os alunos construíram após observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente	304
39. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece à água colocada dentro do funil	311
40. Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água colocada dentro do funil	312
41. Características das explicações que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil	317

LISTA DE FIGURAS

1. Exemplo de uma actividade que apresenta uma explicação do tipo causal (extraída do manual P4,p.119)	149
2. Exemplo de uma actividade que inclui uma explicação do tipo causal (extraída do manual P4,p.120)	150
3. Exemplo de uma actividade da qual se extrai uma explicação descritiva (extraída do manual P14,p.138)	151
4. Exemplo de uma actividade que faculta uma explicação interpretativa (extraída do manual P3, p. 127)	151
5. Exemplo de uma actividade classificada na categoria B (extraída do manual P8, p.162)	153
6. Exemplo de uma actividade classificada na categoria B (extraída do manual P13, p.108)	154
7. Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1 (extraída do manual P14, p.138)	155
8. Exemplo de uma actividade classificada na categoria E (extraída do manual P3, p.127)	156
9. Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo descritivo (extraída do manual S1,p.201)	158
10. Exemplo de uma actividade de onde se extrai uma explicação descritiva (extraída do manual S9,p.172)	159
11. Exemplo de uma actividade que solicita uma explicação do tipo causal (extraída do manual S2,p.46)	159
12. Exemplo de uma actividade que apresenta uma explicação do tipo causal (extraída do manual S9,p.175)	160
13. Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1 (extraída do manual S8, p.173)	162
14. Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A2 (extraída do manual S5, p.26)	162
15. Exemplo de uma actividade classificada na categoria B (extraída do manual S6, p.180)	163
16. Exemplo de uma actividade que inclui uma explicação do tipo causal (extraída do manual T6, p.18)	166
17. Exemplo de uma actividade que recorre a uma explicação do tipo interpretativo (extraída do manual T4, p. 96)	167
18. Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo interpretativo (extraída do manual T5, p. 102)	167
19. Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo interpretativo (extraída do manual T5, p. 103)	167
20. Exemplo de uma actividade da qual se extrai uma explicação descritiva (extraída do manual T4, p. 97)	168
21. Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1 (extraída do manual T1, p. 177)	170

22. Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A2 (extraída do manual T7, p. 159)	171
23. Exemplo de uma actividade classificada na categoria B (extraída do manual T1, p. 176)	172
24. Exemplo de uma actividade classificada na categoria B (extraída do manual P7, p. 181)	173
25. Situação problemática 1	181
26. Situação problemática 2	196
27. Situação problemática 3	208
28. Situação problemática 4	223
29. Situação problemática 5	240

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução

Este primeiro capítulo, reservado a contextualizar e apresentar a investigação desenvolvida, inclui cinco secções, designadamente: a contextualização geral da investigação, os objectivos delineados para o estudo, a importância do mesmo para o ensino das Ciências, as limitações de que se reveste e, por último, a estrutura geral de toda a tese.

A primeira parte, especificamente, a contextualização geral da investigação (1.2), destina-se à identificação e à apresentação inicial do problema que constitui objecto de investigação neste trabalho. Após esta primeira secção, definem-se as questões de investigação que orientam a investigação (1.3). Seguidamente, argumenta-se sobre a relevância para o ensino das Ciências do desenvolvimento de um trabalho desta natureza (1.4), indicando-se, posteriormente, aspectos de várias ordens, considerados como limitações da investigação (1.5). Por último, em 1.6, descreve-se a estrutura geral da tese e apresenta-se, resumidamente, o assunto versado em cada um dos cinco capítulos que a constituem.

1.2. Contextualização geral da investigação

A necessidade imperiosa de formar e preparar cidadãos «alfabetizados cientificamente» e de lhes proporcionar uma “educação para a cidadania”, requer que o ensino das Ciências passe a ser encarado de forma diferente da tradicional (Cachapuz *et al.*, 2001; Marco-Stiefel, 2002; Martins, 2003; Acevedo Díaz, 2004; O'Neill & Polman, 2004; Sadler, 2004; De Pro Bueno & Ezquerro Martínez, 2005) e que a relação pedagógica e a metodologia de ensino e de aprendizagem sejam mais centradas no aluno e na sua preparação para o exercício de funções de cidadão de pleno direito.

A preocupação com tais finalidades não é exclusiva da comunidade científica (Cañal de León, 2000; Acevedo Díaz, 2004; Vilches, Solbes & Gil, 2004), mas é também evidenciada pelas orientações incluídas no actual Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001), especificamente no que se refere às finalidades do ensino das Ciências Físicas e Naturais, nesta tese, abreviadamente designadas por Ciências, ao longo de toda a escolaridade básica.

Neste enquadramento, procurar-se-á desenvolver estas ideias, focando alguns aspectos indissociáveis e pertinentes para o nosso estudo, nomeadamente: i) a formação de cidadãos cientificamente cultos, face às características científicas e tecnológicas da sociedade actual; ii) as finalidades do ensino das Ciências, com vista a proporcionar essa formação científica; iii) a explicação científica, em situação de contexto laboratorial, como uma dimensão importante na formação científica dos cidadãos e reconhecida, como tal, por especialistas e pelos documentos curriculares oficiais.

1.2.1. A Formação científica dos cidadãos

1.2.1.1. Evolução das perspectivas sobre a formação científica dos cidadãos

Ao longo de algumas décadas, a formação científica dos cidadãos tem sido objecto de estudo por parte de investigadores em Educação em Ciências (Cañal de León, 2000; Roth & Barton, 2004; Roth & Lee, 2004; Almeida, 2005 a)). Formar cidadãos cientificamente cultos implica desenvolver, nos indivíduos, um conjunto de competências científicas e tecnológicas (Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; Furió *et al.*, 2002; Marco-Stiefel, 2002; Bárrios, 2002; Martins, 2003; Blanco López, 2004), também designadas por Literacia Científica (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Roth & Barton, 2004; Brown, Reveles & Kelly, 2005).

Apesar de, actualmente, serem usadas várias designações para a Literacia Científica - “compreensão pública das Ciências” (Laugksch, 2000), “alfabetização científica” (Aguilar 1999; 2002; Furió *et al.*, 2002; Marco-Stiefel, 2000; Marco-Stiefel, 2002; Acevedo Díaz, Vasquez Alonso & Manassero Mas, 2003; Acevedo Díaz, 2004; Blanco López, 2004; Vilches, Solbes & Gil, 2004) e “Ciências para a cidadania” (Kolstø, 2001) -, o facto é que as origens do conceito remontam já a 1500-1600. É nessa época (séculos XVI e XVII) que as Ciências “modernas” se implementam na civilização ocidental, delineando-se, já nessa altura, uma certa preocupação em articular os conteúdos académicos respeitantes às Ciências com o dia a dia dos alunos de então (Hurd, 1998).

Segundo Hurd (1998), nos séculos XVIII e XIX, havia alguns autores (ex: Wilkinson) que insistiam na dependência das diferentes facetas da sociedade (ex: indústria, modos de vida, desenvolvimento social) relativamente às Ciências, defendendo umas “Ciências para todos”, em detrimento de um conhecimento científico que servisse as Ciências e os cientistas, mas sem qualquer serventia pública. Deste modo, tentavam evitar a ignorância científica da população e contribuir para aumentar a utilidade das Ciências no dia a dia de cada cidadão. Assim, a ideia de “Ciências para

todos” foi adquirindo consistência à medida que se aproximava o término do século XIX (Oliver *et al.*, 2002).

No início do século XX, Ernst Mach (citado por Oliver *et al.*, 2002), sustentava a ideia de que qualquer indivíduo que não possuísse alguns conhecimentos básicos de Ciências, vivia como um estranho no mundo, pois, o seu confronto com situações do dia a dia, seria como o confronto com uma linguagem desconhecida e, por isso, incompreensível.

Já em pleno século XX, mais precisamente na década de 30, continuaram a questionar-se os aspectos relacionados com a Educação em Ciências destinada a todos os jovens, face à falta de articulação entre as Ciências e o dia a dia dos cidadãos (DeBoer, 2000; Acevedo Díaz, 2004). Assim, organizou-se (em 1932) uma comissão (Progressive Education Association) para analisar as necessidades e os contributos dos jovens para a sociedade americana de então, vindo, posteriormente, a estabelecer-se objectivos para o ensino das Ciências, relacionados com o impacto das Ciências no desenvolvimento e progresso social e/ou individual (Hurd, 1998).

Apesar da longa preocupação com a relação das Ciências com o dia a dia das pessoas, ao longo dos tempos, as finalidades do ensino das Ciências nem sempre foram as mesmas (Freire, 1993; Vilches, Solbes & Gil, 2004; González Garcia & Jiménez Liso, 2005), tendo passado por diversas alterações, desde a introdução das disciplinas das Ciências nos currículos, há várias décadas atrás (séc. XIX), até à actualidade (DeBoer, 2000). Assim, mais tarde, nas décadas de 50/60, alguns acontecimentos históricos, nomeadamente, a Segunda Guerra Mundial (Bybee, 1997; Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; Hurd, 1998; DeBoer, 2000) e o insucesso no domínio espacial, realçado pelo lançamento soviético do Sputnik (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Acevedo Díaz, 2004; Rudolph, 2005), tornaram evidente que, na América, o ensino das Ciências não estava a ser bem sucedido nem no que respeita à aprendizagem de conhecimentos científicos, nem no que respeita ao impacto nos diversos domínios inerentes ao bem estar do ser humano: social, económico, político (Hurd, 1998; DeBoer, 2000). Assim, na sequência das novas exigências tecnológicas e científicas que tornavam imperioso preparar cidadãos com capacidades nos domínios científicos e tecnológicos (Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; DeBoer, 2000; Acevedo Díaz, Vasquez Alonso & Manassero Mas, 2003; Rudolph, 2005) e elevados níveis de educação, necessários a uma sociedade dominada e dirigida pela tecnologia, (Bybee, 1997; DeBoer, 2000), havia que repensar as finalidades da Educação em Ciências.

Começam, então, na segunda metade do século XX, a surgir correntes ideológicas e cursos cujo lema era comum (“Ciências para todos”) e cujos conteúdos eram estruturados de forma a

ênfatizar os benefícios conseguidos na sociedade, a diferentes nívéis (individual, comunitário e social), através da utilização do conhecimento científico (Hurd, 1998; Rudolph, 2005). São exemplo desses cursos, nas décadas de 60/70, projectos curriculares como os Nuffield, em Inglaterra, e, nos Estados Unidos, os BSCS (Biological Science Curriculum Study) e PSSC (Physical Science Study Curriculum), que visavam desenvolver, nos alunos, competências cognitivas, consideradas necessárias ao desenvolvimento científico e tecnológico. Para tal, estes currículos valorizavam o envolvimento dos alunos em investigações (de modo a facultar-lhes a prática do método científico), inicialmente destinadas aos futuros cientistas e engenheiros (Blanco López, 2004, Vilches, Solbes & Gil, 2004; González García & Jiménez Liso, 2005; Rudolph, 2005) e, posteriormente, extensivas a toda a população frequentadora da escolaridade básica (Woolnough & Allsop, 1985; Jenkins, 1998; Acevedo Díaz, 2004).

Todavia, alguns estudos (Tamir, 1977; Hofstein & Lunetta, 1982) desenvolvidos durante as últimas décadas do século XX, revelaram que os resultados da implementação destes novos currículos de Ciências, direccionados para uma aprendizagem por descoberta (Gott & Duggan, 1995) e que encaravam os alunos em pequenos cientistas (Millar, 1991), não corresponderam ao esperado, quer a nível da aprendizagem de conhecimentos científicos, quer a nível da compreensão e da aplicação dos processos científicos, por parte dos alunos. Começam, nesta época (anos 80/90) a emergir novas correntes filosóficas acerca das Ciências (Jiménez-Aleixandre, 1996) e a implantarem-se novas concepções de aprendizagem, designadamente, o construtivismo e, mais tarde, o social construtivismo (Lunetta, 1998), passando as orientações curriculares a preocupar-se com as representações acerca do conhecimento científico, assim como com a compreensão da natureza das Ciências e dos seus processos, por parte dos alunos (Sandoval & Reiser, 2004).

No término do século XX, Millar (1996) reforça esta perspectiva, ao admitir que o conhecimento científico se revela vantajoso e útil em quase todos os contextos do quotidiano. Na verdade, fazendo-se parte de um mundo “inundado” (Esteban Santos, 2003) e “impregnado” (Acevedo Díaz, 2004) de Ciências e Tecnologia, a generalidade dos países, incluindo Portugal, vive tempos de dependência, a nível científico e tecnológico, cujo desenvolvimento “explosivo” (DeBoer, 2000) marca, de forma cada vez mais vincada, o dia a dia de todos nós (Canavarro, 1999; Marco Stiefel, 2001; Santos, 2002; Esteban Santos, 2003; Martins, 2002a); Martins, 2003; Ratcliffe & Grace, 2003; Acevedo Díaz, 2004; 2006; Blanco López, 2004; Fontes & Cardoso, 2006). Procura-se, pois, que as orientações curriculares e, conseqüentemente, o ensino das Ciências, se direccionem no sentido de

que os alunos compreendam essa dependência e se consciencializem do papel que terão, futuramente, na construção da sociedade, designadamente através de uma aplicação do conhecimento científico à resolução dos problemas com que se forem deparando (Freire, 1993; Aguilar García, 2002; Santos, 2002; Bárrios, 2002; Martins, 2003; Acevedo Díaz, 2004; Blanco López, 2004, Roth & Barton, 2004; Roth & Lee, 2004; Almeida, 2005 b); De Pro Bueno & Ezquerria Martínez, 2005; Júlio, 2006). Note-se que a resolução de problemas envolve “escolher, decidir e actuar” (Vasconcelos & Praia, 2005, p. 68).

Este processo de “alfabetizar” (Santos & Valente, 1997) implica que os alunos desenvolvam competências, enquadradas numa formação para a cidadania, que lhes permitam “ler a realidade” (Armesto Ramón, Martínez Losada & Garcia Barros, 2005) e tomar decisões (sustentadas pelas Ciências e pela Tecnologia), de forma racional e razoável, em relação a problemas sócio-científicos que afectam o dia a dia (Acevedo Díaz, Vasquez Alonso & Manassero Mas, 2003; Blanco López, 2004; Roth & Lee, 2004; De Pro Bueno & Ezquerria Martínez, 2005; Acevedo Díaz, 2004; 2006; Fontes & Cardoso, 2006). A qualidade das decisões tomadas pela população, em geral, quer nas suas próprias vidas, quer na direcção da própria sociedade (Longbottom & Butler, 1999; Thier & Daviss, 2002; Roth & Barton, 2004), é de primordial importância nas sociedades democráticas (Kolstø, 2001; Acevedo Díaz, 2004; De Pro Bueno & Ezquerria Martínez, 2005), face à necessidade de identificar e de tentar resolver os problemas que, na sequência das transformações constantes da vida actual, cada vez mais vão surgindo e passando a ser problemas do interesse público.

Neste enquadramento, ganha sentido a distinção entre Educação em Ciências na escolaridade obrigatória e pós-obrigatória, devendo, no primeiro caso, privilegiar-se a Literacia Científica e, no segundo, embora sem menosprezar esta, atribuir mais importância ao conhecimento de factos e conceitos específicos (Millar & Osborne, 1998; Longbottom & Butler, 1999), com uma finalidade “propedêutica” de preparar quem tenciona prosseguir estudos superiores, no domínio das Ciências e da tecnologia (Acevedo Díaz, 2004; Blanco López, 2004; Almeida, 2005a).

Assim, a ideia de “Ciências para todos” encontra justificativo na urgente necessidade de promover em todos os cidadãos, “cientistas e não cientistas”, uma compreensão acerca das Ciências, incluindo dos métodos e dos processos a elas associados (Millar, 1996; Duschl, 1997; Manassero Mas & Vasquez Alonso, 2002; Roth & Barton, 2004; Acevedo Díaz, 2004; 2006; Blanco López, 2004; Sandoval & Reiser, 2004; Rudolph, 2005). Contudo, para uma possível concretização de “Ciências para todos”, há que, por um lado, atender ao facto de que o impacto das Ciências nas nossas vidas

diárias vai muito além das tomadas de decisão como cidadãos, dado que a nossa visão científica do mundo vai transformando a nossa integração no universo, em termos de “onde estamos” e “quem somos” (Millar & Hunt, 2002).

1.2.1.2. Perspectivas sobre a Educação em Ciências com vista à formação científica dos cidadãos

A organização da Educação em Ciências, com vista ao desenvolvimento da Literacia Científica, tem sido objecto de intensas polémicas e controvérsias, quer por parte de professores de Ciências e de responsáveis pela elaboração dos currículos (DeBoer, 2000; Cachapuz *et al.*, 2001; Kolstø, 2001), quer por parte de investigadores, particularmente, nos Estados Unidos (Oliver *et al.*, 2002), devido à falta de consenso sobre qual, ou quais, das diferentes vertentes que a Literacia Científica inclui (conhecimento, habilidades, competências), devem ser contempladas na Educação em Ciências (Brown, Reveles & Kelly, 2005). Porém, a aceitação da Educação em Ciências, com vista à Literacia Científica, apresenta-se, contudo, em franca evolução (Oliver *et al.*, 2002), tendo a utilização deste conceito, no contexto da Educação em Ciências, aumentado progressivamente, desde a sua entrada no vocabulário desta área do conhecimento, em 1950 (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Oliver *et al.*, 2002).

Apesar das diferentes definições, adoptadas pelos diversos especialistas, para o conceito de Literacia Científica (Vasconcelos & Praia, 2005), o facto é que todas elas enfatizam o conhecimento respeitante não só a factos e conceitos dos diferentes domínios científicos, mas também aos diferentes processos e métodos utilizados pelas Ciências (Bybee, 1997; Duschl, 1997; Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; Cachapuz *et al.*, 2001; Thier & Daviss, 2002; Ratcliffe & Grace, 2003; Sandoval & Reiser, 2004). Esses conhecimentos conceptuais e procedimentais constituem um conjunto de saberes e capacidades considerados imprescindíveis para o cidadão compreender e desenvolver-se no mundo actual (Blanco López, 2004; Almeida, 2005a); Brown, Reveles & Kelly, 2005). Neste contexto, a Educação em Ciências, com vista à formação científica de todos os cidadãos, justifica-se não só pela formação pessoal dos indivíduos, mas também, pela sua preparação para uma participação efectiva e responsável (Driver *et al.*, 1996; Cachapuz *et al.*, 2001; Bárrrios, 2002; Martins, 2003; Roth & Lee, 2004; Almeida, 2005 b); Bennett *et al.*, 2005; Hogarth *et al.*, 2005; Júlio, 2006), em assuntos de cariz científico e tecnológico, no dia a dia, fora do contexto académico (DeBoer, 2000; Thier & Daviss, 2002; Blanco López, 2004; O'Neill & Polman, 2004; Brown, Reveles & Kelly, 2005).

Na verdade, as novas exigências da sociedade contemporânea, nas suas múltiplas vertentes (mercado de trabalho, alterações tecnológicas, qualidade de vida, questões ambientais e políticas, saúde pública), resultantes de um movimento de inovação que teve lugar durante as últimas décadas, tornam imprescindível a presença de indivíduos dotados de um amplo conhecimento científico que os tornem capazes de actuar como cidadãos informados (Millar & Osborne, 1998; Acevedo Díaz, Vasquez Alonso & Manassero Mas, 2003; Ratcliffe & Grace, 2003; Almeida, 2005; Júlio, 2006) e de intervirem, crítica e responsabilmente, na tomada de decisões e/ou na resolução de problemas (Furió, 2001; Furió *et al.*, 2002; Martín Díaz, 2002; O'Neill & Polman, 2004; Vilches, Solbes & Gil, 2004). Com efeito, questões relacionadas com a utilização e a gestão sustentável dos recursos naturais, a protecção e conservação da natureza, as consequências, em termos pessoais, sociais e ambientais, provenientes das inovações científicas (benefícios ou riscos), a saúde individual e comunitária, são algumas das problemáticas que caracterizam as sociedades actuais e que exigem variados níveis de qualificação científica e tecnológica (Blanco López, 2004; Galvão & Freire, 2004; Bonito, 2005; Moleiro, 2006), para eventuais resoluções de problemas e tomadas de decisão, por parte dos cidadãos. Assim, torna-se necessário que os indivíduos saibam usar as Ciências e dominem conhecimentos científicos e tecnológicos (Acevedo Díaz, 2004; Santos, 2004), para que, de forma informada, apliquem conceitos e procedimentos científicos e tecnológicos, quer em situações da sua própria vida pessoal, quer em questões de interesse social e público, relacionadas com a inovação tecnológica, sejam elas de natureza cívica, social, política ou ambiental.

Porém, dado o acelerado ritmo de progresso científico, a preparação dos cidadãos para estas intervenções práticas e democráticas implica a emergência de uma educação científica (Santos, 2004; Almeida, 2005a) que desenvolva hábitos de aprendizagem constante (Marco Stiefel, 2002). Caso contrário, à saída da escola os alunos já estarão desactualizados. Efectivamente, não pode a crescente integração das Ciências e da Tecnologia, na actual sociedade, ser ignorada pela escola (Almeida, 2005b)) e, conseqüentemente, deixar de ter repercussões no ensino das Ciências (Canavarro, 1999; Santos, 2002; Esteban Santos, 2003; Martins, 2002b); Martín Díaz, 2002; Acevedo Díaz, 2004; 2006; O'Neill & Polman, 2004; Sadler, 2004; De Pro Bueno & Esquerra Martínez, 2005), não só ao nível da aprendizagem de conceitos científicos, mas também ao nível do desenvolvimento de competências de aprender a aprender conceitos científicos.

Nesta linha de pensamento, Hodson (1996; 1998a)), várias vezes, tem argumentado que a Educação em Ciências é um processo abrangente, que inclui três vertentes cruciais, designadamente:

aprender Ciências que o autor descreve como um processo activo, com orientação construtivista e através do qual o aluno desenvolve e adquire conceitos/conhecimentos teóricos e conceptuais; aprender a fazer Ciências que, apresentando-se como um processo de natureza interactiva, permite que o aluno adquira e desenvolva destrezas/habilidades técnicas inerentes à investigação científica, nomeadamente, no que respeita à resolução de problemas; aprender acerca das Ciências que o autor considera um processo reflexivo e que se destina à compreensão dos diferentes métodos e processos utilizados pelos cientistas, bem como da natureza do seu trabalho. Aprender a fazer Ciências permite aos alunos desenvolver competências de resolução de problemas que não só são relevantes no dia a dia, como permitirão aos alunos, quando forem cidadãos de pleno direito, enfrentar situações que exijam novos conhecimentos científicos e tecnológicos. Por seu lado, aprender acerca das Ciências permitirá aos cidadãos agir mais fundamentadamente, quer em momentos de decisão política, directa ou indirectamente relacionados com a investigação científica e, também, interpretar e reagir de forma informada, por exemplo, à publicidade.

Sendo as disciplinas de Ciências apontadas como as mais propícias para a criação de situações de ensino e de aprendizagem que facultam aos alunos a oportunidade de aprenderem a aprender (Solomon, 1980; Layton, 1990), constituem, sobretudo, na escolaridade obrigatória, as disciplinas centrais dos actuais currículos escolares em vários países, juntamente com a disciplina de Matemática e a língua materna (Millar & Osborne, 1998), desde os primeiros anos de escolaridade (Soloman, 1998), de modo a, desde cedo, desenvolver, nos alunos, competências diversas (de conhecimento, de raciocínio, de comunicação, de atitudes) que constituem o alicerce para uma futura formação científica (DeBoer, 2000).

Aceitando que o ensino das Ciências deve apetrechar os alunos com a diversidade de competências, anteriormente referidas, não faz sentido que os professores de Ciências restrinjam o ensino das respectivas disciplinas ao simples conhecimento de factos e ideias acerca do mundo actual (Thier & Daviss, 2002; Acevedo Díaz, 2004; O'Neill & Polman, 2004; Júlio, 2006) ou, apenas, a descoberta de conhecimentos com base num receituário (Leite & Dourado, 2005; Dourado & Leite, 2006; Vieira & Vieira, 2006), que, habitualmente, constitui um “complemento curioso” na aprendizagem da disciplina (De Pro Bueno, 2000, p. 112). Assim sendo, o ensino das Ciências deve incluir uma componente destinada a facultar ao aluno situações de investigação (O'Neill & Polman, 2004; Vilches, Solbes & Gil, 2004; Almeida, 2005b); Almeida, 2005a); Rudolph, 2005; Vieira & Vieira, 2006), dado que são estas que possibilitam o desenvolvimento de capacidades de resolução de

problemas e a aprendizagem de metodologia científica, ou seja, situações que lhes permitam compreender os processos e a natureza das Ciências (Vieira & Vieira, 2006).

Deste modo, o ensino das Ciências deveria apresentar-se, aos jovens das nossas escolas, como algo abrangente que se alicerçasse numa lógica de “educação científica” [...] com finalidades “de carácter útil e eminentemente prático” (Acevedo Díaz, 2004, p. 5) e não numa lógica direccionada para a instrução que, somente tenha em vista, a vertente académica (Martins, 2002b); Acevedo Díaz, 2004; Sadler, 2004). Todavia, esta forma de encarar o ensino das Ciências requer profissionais autónomos e seguros (Izquierdo, 1996; Millar, Osborne & Nott, 1998; Thier & Daviss, 2002), capazes de proporcionar, aos alunos, situações de aprendizagem com características semelhantes às dos contextos de investigação científica (Freire, 2004) e de promover o pensamento crítico dos alunos (Vieira & Vieira, 2006), designadamente, no que respeita ao papel das evidências científicas (Taylor, 2001; Taylor & Dana, 2003; Sadler, 2004), na construção do conhecimento científico.

Este conjunto de argumentos remete-nos para uma perspectiva escolar de aprendizagem das Ciências enquadrada nos objectivos do movimento CTS (Ciências/Tecnologia/Sociedade) (Manassero Mas & Vasquez Alonso, 2002; Solbes, Vilches & Gil 2002; Esteban Santos, 2003; Martins, 2002 b); Ratcliffe & Grace, 2003; Acevedo Díaz, 2004; Blanco López, 2004; Santos, 2004; Almeida, 2005a); Manuel Cabo, Cármen Enrique & Ramón Cortiñas, 2005). Este movimento educativo, surgido no ensino superior nas décadas de 60/70 e, mais tarde, no ensino secundário, durante a década de 80, apresenta, como finalidade básica, a promoção da alfabetização em Ciências e Tecnologia, de forma a que os cidadãos se tornem aptos a participar na tomada de decisões e na resolução de problemas (DeBoer, 2000; Cachapuz *et al.*, 2001; Membiela, 2002; Acevedo Díaz, Vasquez Alonso & Manassero Mas, 2003; Esteban Santos, 2003; Ratcliffe & Grace, 2003; Acevedo Díaz, 2004; Blanco López, 2004; Sadler, 2004; Almeida, 2005b); Fontes & Cardoso, 2006). Porém, têm-se notado francas discrepâncias entre as actuais propostas curriculares que integram o enfoque CTS, como elemento crucial na educação científica, e a actividade concretizada na sala de aula (Pedrosa & Martins, 2002; Martins, 2002 b); Acevedo Díaz, 2004; Almeida, 2005a); Fontes & Cardoso, 2006). Acresce que, enquanto que a influência deste movimento nos ensinos superior e secundário é reduzida, pelo contrário, na escolaridade básica, essa importância tem vindo a aumentar (Membiela, 2002), sendo esse aumento visível nos documentos reguladores do ensino das Ciências portuguesas.

De facto, uma educação para a cidadania só é possível caso estejamos cientes de que as Ciências não reflectem a realidade, mas antes a interpretam, não são um conjunto de conhecimentos

exactos, mas sim um processo de construção de conhecimentos e de que a observação não é absoluta, mas antes está na dependência das teorias perfilhadas pelo observador (Millar, 1991; Martín Díaz, 2002).

1.2.1.3. Finalidades curriculares da educação científica em Portugal

Em Portugal, desde meados da década de 80, passou a ser oficialmente reconhecida a formação dos alunos, com vista à sua futura intervenção na sociedade, através dos objectivos definidos para o Ensino Básico, na Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 46/86, de 14 de Outubro). Efectivamente, no artigo 7º dessa lei pode ler-se:

- h) Proporcionar aos alunos experiências que favoreçam a sua maturidade cívica [...] no plano da intervenção consciente e responsável na realidade circundante;
- i) Proporcionar a aquisição de atitudes [...] visando a formação de cidadãos civicamente responsáveis e democraticamente intervenientes na vida comunitária.

Consistentes com estes objectivos são as orientações curriculares e programáticas de Ciências, respeitantes a cada um dos três ciclos do Ensino Básico, estabelecidas no início da década de 90. De facto, estas orientações valorizam uma educação científica, capaz de formar cidadãos cientificamente cultos e habilitados para uma intervenção adequada e oportuna na sociedade de que fazem parte.

No caso do 1º ciclo do Ensino Básico, e mais concretamente na área de Estudo do Meio, as orientações programáticas, então estabelecidas (DEB, 1998), reconhecem a importância de uma “formação pessoal nas suas vertentes pessoal e social [...] para o exercício da cidadania responsável” (p. 11) e o contributo do Ensino Básico na promoção da “realização individual de todos os cidadãos [e da sua preparação] para uma intervenção útil e responsável na comunidade” (p. 15). Consequentemente, nos princípios orientadores que o referido documento inclui, é sugerido o “confronto com os problemas concretos da sua comunidade [para que os alunos adquiram a] noção da responsabilidade perante o ambiente, a sociedade e a cultura em que se inserem [e compreendam o] seu papel de agentes dinâmicos nas transformações da realidade que os cerca” (DEB, 1998, p. 108). Considera este documento que, “através da participação directa e gradual na organização da vida da classe e da escola [os alunos vão] interiorizando os valores democráticos e de cidadania” (p. 116),

bem como desenvolvendo atitudes de “uma participação esclarecida e activa na resolução de problemas ambientais” (p. 133).

Quanto ao 2º ciclo do Ensino Básico, os responsáveis pela elaboração das orientações curriculares e programáticas (também, ainda em vigor), respeitantes à disciplina de Ciências da Natureza (DGEBS, 1991) parecem valorizar aspectos idênticos aos mencionados para o nível de ensino anteriormente referido (1º ciclo). Pretendendo que o aluno seja capaz de “compreender as implicações da Ciência, no dia-a-dia da actividade humana” (DGEBS, 1991, p. 9), definem objectivos como: “revelar curiosidade, reflexão crítica e espírito de abertura [...] revelar a capacidade de aprender a pensar [...] revelar uma atitude responsável [...] compreender os efeitos que as actividades humanas provocam [...] assumir-se como consumidor informado” (p. 9). Assim, enquanto que alguns destes objectivos têm a ver com a articulação das Ciências com o dia a dia e com a tecnologia, outros relacionam-se com atitudes que se considera serem próprias dos cientistas.

No que respeita ao 3º ciclo do Ensino Básico, uma consulta detalhada às orientações programáticas de Ciências Naturais (DGEBS, 1991), revela que as mesmas, de forma análoga, conferem particular atenção à formação e à preparação dos alunos, com vista à sua intervenção futura “num mundo onde a Ciência e a Tecnologia penetram cada vez mais profundamente na vida quotidiana do indivíduo e da sociedade” (p.207). Afirmando que “a escola tem um papel importante a desempenhar [...] no desenvolvimento de atitudes susceptíveis de assegurar aos cidadãos do futuro a aplicação e avaliação desses conhecimentos” (DGEBS, 1991, p. 207), explicitam objectivos gerais que visam levar os alunos “reconhecer que o conhecimento científico é dinâmico [...] compreender a relevância da Ciência no dia-a-dia, perspectivando as suas potenciais aplicações [e] avaliar as implicações do desenvolvimento da Ciência” (p. 210). A fim de concretizar estes objectivos, as orientações metodológicas sugerem o recurso a “investigação directa para a formação do futuro cidadão consciente que saiba [...] fornecer alternativas aos problemas quotidianos e aplicar os conhecimentos a situações novas” (p. 218). Sugerem, ainda, a adopção de um ensino que questione “as alternativas e o valor de soluções fornecidas pela Ciência [e que inclua] o conhecimento e compreensão do que caracteriza a maneira científica de olhar o Mundo” (DGEBS, 1991, p. 217).

No início de 2001 surge o Decreto - Lei nº 6/2001, de 18 de Janeiro que estabelece os princípios orientadores que constituem o suporte da Reorganização Curricular do Ensino Básico. Esta Reorganização Curricular reflecte a necessidade de promover no aluno “a construção e a tomada de consciência da identidade pessoal e social [de modo a prepará-lo para] a participação na vida cívica de

forma livre, solidária e crítica” (DEB, 2001, p. 15). Apontando como objectivo “a garantia de uma educação de base para todos”, aquele Decreto-Lei estabelece, com carácter de “obrigatoriedade”, o desenvolvimento “da educação para a cidadania”, destacando-o quer no artigo 3º, ao referir a “integração, com carácter transversal, da educação para a cidadania em todas as áreas curriculares” (alínea e) e o “desenvolvimento de competências numa perspectiva de formação ao longo da vida” (alínea h), quer no artigo 5º, ao apresentar a Formação Cívica (área curricular não disciplinar) como “espaço privilegiado para a educação para a cidadania [...] no processo de formação de cidadãos responsáveis, críticos, activos e intervenientes” (alínea c).

É neste enquadramento que o CNEB (DEB, 2001) se centra não apenas nos conhecimentos conceptuais, mas antes assume que o ensino e a aprendizagem das Ciências devem proporcionar aos alunos oportunidades de “adquirir uma compreensão geral e alargada das ideias importantes e das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica [e de] questionar o comportamento humano perante o mundo, bem como o impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente” (DEB, 2001, p. 129). Assim, no referido documento (DEB, 2001), enuncia-se um conjunto diversificado de competências essenciais (as gerais, de natureza transversal, a desenvolver por todas as disciplinas, e as específicas, respeitantes a cada área disciplinar), a desenvolver até ao final de cada um dos três ciclos do Ensino Básico, associadas ao conceito de Literacia. Essas competências explicitam “a cultura geral que todos devem desenvolver como consequência da sua passagem pela educação básica” (DEB, 2001, p. 9).

Constata-se, conseqüentemente, uma permanente insistência, por parte dos documentos oficiais (DEB, 2001), na criação de situações de ensino e de aprendizagem que contemplem “discutir sobre um conjunto de questões [que envolvam] aplicações da Ciência e das ideias científicas a problemas importantes para a vida na Terra [bem como] planear e realizar trabalhos ou projectos que exijam a participação de áreas científicas diversas” (p. 130). Com efeito, contrariando um ensino das Ciências “apresentadas de forma compartimentada, com conteúdos desligados da realidade” (DEB, 2001, p.129), o referido documento propõe que os alunos “ao estudarem Ciências [...] procurem explicações fiáveis sobre o mundo e eles próprios” (p.130).

Na sequência da publicação do Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001), as orientações curriculares e programáticas, respeitantes a cada um dos três ciclos (1º, 2º e 3º ciclos) do Ensino Básico (início da década de 90) e às quais nos referimos em parágrafos anteriores, foram sujeitas a alguns reajustamentos. Assim, no que respeita ao 1º ciclo, as referidas orientações

curriculares e programáticas (DEB, 1998), ainda que se mantenham em vigor, foram recentemente reeditadas (DEB, 2004), devendo “ser interpretadas à luz dos novos princípios e disposições constantes” (DEB, 2004, p.7) da actual Reorganização Curricular e, portanto, “articular-se com o actual Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001). Em relação ao 2º ciclo, embora se mantenha o mesmo programa de Ciências da Natureza (DGEBS, 1991), deverá continuar, juntamente com as competências essenciais e específicas, recentemente estabelecidas (DEB, 2001), a servir de suporte aos professores, na programação das aulas. Quanto ao 3º ciclo, é um nível de ensino que apresenta novas Orientações Curriculares (DEB, 2001b) que “surtem como um documento único para a área das Ciências Físicas e Naturais” (p. 4), a qual inclui as Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas. Estas Orientações têm como referência as competências específicas definidas no Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001) e, portanto, apelam também ao “desenvolvimento de competências várias, sugerindo ambientes de aprendizagem diversos [com vista ao] desenvolvimento da literacia Científica dos alunos” (DEB, 2001b), p. 4).

A nova e recente versão da Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 49/2005, de 30 de Agosto), apesar das alterações e aditamentos que introduz, revela-se, todavia, consonante com a anterior (Lei nº 46/86, de 14 de Outubro), mantendo-se os mesmos objectivos gerais, (estabelecidos no artigo 7º), referidos no início desta secção e, portanto, a preocupação com a formação científica de cidadãos.

A tónica colocada pelos documentos oficiais atrás referidos, numa educação científica, com vista à formação de alunos cientificamente cultos, revela-se consonante com as actuais perspectivas dos especialistas em Educação em Ciências a esse respeito. Porém, a forma como os professores e os especialistas encaram o processo de ensino das Ciências nem sempre é compatível com a promoção de uma educação científica nos nossos alunos, ao longo do ensino básico (Paixão & Cachapuz, 1999), o que pode contribuir para a baixa Literacia Científica dos portugueses, quando comparada com a Literacia de alunos de outros países (Ramalho, 2002; 2003).

1.2.2. A explicação científica enquanto dimensão da Literacia Científica

1.2.2.1. A explicação científica em Educação em Ciências

As explicações científicas construídas pelos cientistas, para além de contribuírem, no contexto da investigação científica, para a promoção de novas descobertas e de novos conhecimentos

(Horwood, 1988), são, também, consideradas relevantes, na Educação em Ciências (Unsworth, 2001), especificamente, nos processos de ensino e de aprendizagem das Ciências. Na verdade, sendo o professor o responsável por sistematizar o conhecimento para que os alunos o aprendam (Galvão & Freire, 2004), cabe pois, ao professor de Ciências, a tarefa de criar condições para que os alunos aprendam as explicações construídas pelos cientistas (Leite, 2006) e de garantir que, durante o processo de conversão do “conhecimento científico oficial” em “conhecimento escolar” (Blanco López, 2004. p. 72), este não se afaste muito daquele.

Embora o termo explicação, numa das suas mais simples definições, se apresente como a resposta a uma pergunta do tipo *por que é que* ou *como* aconteceu determinada situação (Machamer, 1998), o facto é que, no que concerne às explicações científicas, uma mesma explicação não se adapta a todos os contextos e, por isso, não se revela apropriada e generalizável a todas as circunstâncias e a todos os questionadores (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998). As explicações científicas podem ter diversos níveis de complexidade, definidos em função do tipo de raciocínio que envolvem (Martin, 1972; Driver, 1995). Todavia, o uso que, frequentemente, é feito do termo explicação, não permite diferenciá-los. Tome-se como exemplo, o caso dos termos explicação e descrição, normalmente, usados indiferenciadamente, quer na prática do ensino das Ciências quer nos manuais destas disciplinas (Unsworth, 2001). Apesar de explicar e descrever contribuírem ambos para a compreensão do mundo, uma descrição inclui apenas informação constituída por “peças” que se apresentam isoladas, enquanto que uma explicação é algo mais complexo, pois, envolve pensamento teórico (Cobern & Loving, 2000) e relações de causalidade (Sandoval & Reiser, 2004) ou de outro tipo entre essas mesmas “peças” (Horwood, 1988). A fim de evitar a improdutividade que o uso antecipado de uma linguagem técnica/científica, exigida pela explicação, Unsworth (1997) aconselha a separação entre a descrição do que se observa e a explicação do que aconteceu no que se observou, sugerindo que primeiro se deve observar e só depois explicar. Para além disso, a observação de fenómenos conduz ao desenvolvimento quer de técnicas de observação, quer de técnicas de manipulação, necessárias à obtenção de evidências que, segundo este especialista, são necessárias à construção da explicação e requerem uma ligação entre acção e pensamento.

Se, por um lado, a aceitação de uma nova explicação científica necessita de evidências que a suportem ou refutem (Gott & Duggan, 1995; Cobern & Loving, 2000; Sandoval & Reiser, 2004; Leite, 2006), por outro lado, os cientistas não têm que se preocupar com o modo como essa explicação vai ser compreendida (ou não) por diversas audiências. Pelo contrário, quando os professores de Ciências

explicam aos seus alunos as explicações científicas, essa explicação (da explicação científica) necessita de ser adequada à audiência a que se destina (Solomon, 1995), nomeadamente, ao nível do desenvolvimento conceptual dos alunos, na área em causa.

Sendo verdade que o sucesso da aprendizagem de uma explicação científica depende da forma como é explicada pelos professores ou do contexto de aprendizagem criado (ou apresentada nos manuais), não será menos verdade que o aperfeiçoamento das capacidades de explicar Ciências aos alunos ou a outrem, parece depender de factores (Leite & Afonso, 2004) tais como:

- O conhecimento científico possuído pelo explicador, dado que ninguém consegue explicar algo que desconhece;
- A concepção acerca das Ciências, perfilhada por quem explica, pois a explicação exige o uso de entidades com características epistemológicas que o senso comum não contempla;
- A diferenciação entre o processo de construção de uma explicação científica e o processo de ensino de uma explicação na aula de Ciências, uma vez que a capacidade de construir uma explicação científica, não basta para garantir o sucesso de ensinar uma explicação científica;
- O conhecimento das práticas de explicação adoptadas nas aulas, incluindo os tipos de explicação que os professores formulam, as dificuldades por eles demonstradas no processo de explicação das explicações científicas, bem com as características das explicações que os manuais apresentam e do modo como os professores e os alunos lidam com elas;
- O conhecimento das características das explicações formuladas pelos alunos, conhecimento este que constitui uma condição essencial para qualquer tipo de intervenção que tome como ponto de partida o que os alunos já conhecem;
- A inter-relação dos conceitos “evidência”, “explicação” e “teoria”, dada a interdependência entre a explicação científica e os dados e as evidências.

A tarefa de explicar a explicação científica ainda não é encarada como algo que se ensine ou aprenda, sendo o acto de explicar menos debatido do que propriamente as ideias científicas a explicar (Ogborn *et al.*, 1997). Todavia, e tal como defendem vários especialistas (Martin, 1972; Ogborn 1994; Ogborn *et al.* 1997), explicar algo (tarefa que, normalmente, está a cargo dos cientistas) é diferente de explicar algo a alguém (tarefa que na escola é feita pelos professores), pelo que se torna necessário aprender a explicar as explicações científicas. Se, por um lado, uma explicação científica, para se

afirmar, precisa de dados que a apoiem, por outro lado ela deve tornar compreensíveis os dados recolhidos (Cobern & Loving, 2000), designadamente, em aulas de Ciências.

Assim, uma das formas de ajudar os alunos, em sala de aula, a aprender as explicações construídas pelos cientistas consiste no recurso a actividades laboratoriais (Gunstone, 1991; Woolnough, 1991; Lunetta, 1998; Caamaño & Corominas, 2005; Leite, 2006). Caso sejam adequadamente estruturadas, as referidas actividades podem equipar os alunos com uma série de conhecimentos e habilidades (Hodson, 1998b); Caamaño & Corominas, 2005; Almeida, 2005b); Vieira & Vieira, 2006) tais como, a selecção e avaliação das evidências de algo e a elaboração de conclusões a partir de evidências empíricas (Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; Taylor, 2001; Bennett *et al.*, 2005; Hogarth *et al.*, 2005; Séré *et al.*, 2005). Se, por um lado, as actividades podem “ensinar a pensar” com e sobre o conhecimento científico (Kirschner & Huisman, 1998), por outro lado, podem iniciar o aluno na investigação, ou seja, no desenvolvimento de competências semelhantes às que os cientistas necessitam para realizarem o seu trabalho (Leite, 2001; Sandoval & Reiser, 2004; Vieira & Vieira, 2006), nomeadamente, o trabalho de construção de explicações científicas.

De facto, dada a diversidade de tipos de actividades que se podem realizar e a variedade de objectivos que eles permitem alcançar (Hodson, 1994; Hodson, 1998b); Leite, 2001; Almeida, 2005b); Caamaño & Corominas, 2005; Séré *et al.*, 2005; Vieira & Vieira, 2006), o trabalho de laboratório faculta ao aluno situações que lhe proporcionam diferentes graus de participação (observa, compara, experimenta, manipula, selecciona e organiza dados, argumenta e conclui) e que promovem o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais diversificados (desde a planificação de actividades à interpretação dos resultados).

1.2.2.2. A explicação científica perspectivada nos documentos curriculares

As directrizes educacionais presentes no Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001) estabelecem que o aluno, no final da escolaridade básica, deverá ser capaz de “mobilizar saberes culturais, científicos e tecnológicos para compreender a realidade e para abordar situações e problemas do quotidiano” (p. 15). Nesse sentido, apontam, como relevantes, a implementação e a vivência de experiências de aprendizagem que facilitem ao aluno o seu envolvimento em percursos investigativos que fomentem uma “atitude de permanente pesquisa e experimentação” (DEB, 2001, p. 80) e lhe proporcione o desenvolvimento de “atitudes inerentes ao trabalho em Ciência” (p. 133).

Consequentemente, o Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001) propõe o envolvimento dos alunos na “planificação e execução de experiências e pesquisas [através das quais] os alunos problematizam e investigam [...] colocam hipóteses, pesquisam, recolhem e tratam a informação, analisam dados [...] e encontram soluções que levam ou não a resposta adequada ao problema” (p. 76). Deste modo, é possível aos alunos “apropriarem-se dos processos científicos [...] de forma a compreenderem os fenómenos e os acontecimentos observados ...” (p. 80). Na defesa de que “as ideias científicas para serem compreendidas precisam de evidências” (p. 136), o referido documento, entre as várias sugestões metodológicas que inclui, recomenda o relacionamento de “evidências e explicações” (p. 133), a “análise de evidências na explicação científica [bem como a] resolução de problemas, com base na problematização, no registo e nas explicações científicas” (p.136). Sugere, ainda, o referido documento (DEB, 2001) a “apresentação de explicações científicas que vão para além dos dados, não emergindo simplesmente a partir deles, mas que envolvem pensamento criativo [assim como a] identificação de modelos subjacentes a explicações científicas [...] no nível não observado directamente” (p.139) e, ainda, o “confronto das explicações dadas pela Ciência [...] com as evidências e os dados obtidos pelo estudo desses fenómenos” (p. 140).

O conjunto de competências específicas a desenvolver pelos alunos, enunciadas, ainda, no mesmo documento (DEB, 2001) e que dizem respeito aos diferentes conteúdos programáticos de Ciências, destinados aos três ciclos do Ensino Básico (DEB, 2001), incluem a necessidade da compreensão científica de fenómenos. Nessa base, as competências definidas realçam a necessidade de o aluno não apenas “adquirir conhecimento científico apropriado, de modo a interpretar e compreender leis e modelos científicos” (p.132), mas também desenvolver o pensamento “de uma forma criativa e crítica [tornando-se capaz de confrontar as] explicações científicas com as do senso comum” (DEB, 2001, p. 133). Desta forma, desenvolvendo estas competências, o aluno conseguirá reconhecer “o significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra, o que poderá constituir uma dimensão importante em termos de uma desejável educação para a cidadania” (p.134).

Com efeito, tendo em conta as directrizes educacionais que a Reorganização Curricular estabelece (DEB, 2001), no que respeita à compreensão e/ou à (re)construção das explicações científicas, bem como as recomendações provenientes da investigação em Educação em Ciências, no mesmo domínio, é constatável a consonância que ressalta entre ambas.

Porém, pese embora a importância que é conferida à explicação em Ciências, quer por parte dos especialistas, quer por parte dos documentos oficiais, a forma como é tratada nos manuais

escolares não parece ser a melhor. Na verdade, estudos desenvolvidos neste domínio (Unsworth, 2001; Jiménez Valladares & Perales Palácios, 2002), inclusivamente, em Portugal (Leite, 2002; Leite & Figueiroa, 2002), revelam que os manuais, nas actividades laboratoriais que propõem, nem sempre facultam, de forma adequada, as oportunidades necessárias para que se formulem explicações cientificamente correctas e/ou apoiadas em evidências empíricas, acerca de fenómenos físicos. Assim, numa percentagem considerável das propostas de actividades laboratoriais que incluem, não promovem uma correcta inter-relação dos dados/evidências/conclusões, exigindo, por vezes, que os alunos concluam sem disporem dos dados necessários, por não lhes terem sugerido a recolha dos dados que constituiriam evidências da conclusão desejada. Nestes casos, apresentam as conclusões com base em conhecimentos disponíveis, não directamente associados à actividade realizada, em vez de terem por base a recolha de dados efectuada e a selecção e interpretação dos dados que constituem evidências do fenómeno em questão (Leite, 2006), facto que pouco contribui para ajudar os alunos a aprender a explicar os fenómenos com que contactam.

Acresce, ainda que, estudos desenvolvidos com alunos do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário (Driver *et al.*, 1997; Leach, 1999; Afonso & Leite, 2004), com futuros professores (Afonso & Leite, 2001; Leite & Afonso, 2004) e com professores (Dagher & Cossman (1992; Kikas, 2004), revelam que alunos e professores, respectivamente, apresentam muitas dificuldades na construção das explicações dos fenómenos naturais com que são confrontados ou na forma como as explicam aos alunos. Quer uns quer outros demonstram dificuldades em interpretar as evidências que lhes são fornecidas (Sandoval & Reiser, 2004), concentrando-se, apenas, em alguns dados e ignorando outros, para além de não seleccionarem os que constituem evidências das explicações pretendidas (Afonso & Leite, 2004; Séré *et al.*, 2005). Assim, constroem as explicações tendo por suporte as suas próprias teorias e/ou outros factores de natureza diversa, não estabelecem uma ligação entre a teoria e as evidências e acabam por concluir com base em evidências insuficientes (Séré *et al.*, 2005).

Face às constatações que acabam de ser expostas, coloca-se a questão de tentar saber, em cada um dos três ciclos que integram o Ensino Básico (1º, 2º e 3º ciclos), o que se passa em relação à forma como os três pilares do processo educativo (manuais escolares, professores e alunos) lidam com as explicações científicas, sobretudo, a forma como as constroem e as facultam/ensinam aos alunos para que estes as possam aprender, compreendendo-as e (re)construindo-as. As informações obtidas, quanto a este aspecto, permitem-nos averiguar, até que ponto, os alunos estão a ser preparados para

interpretarem o mundo que os rodeia e, por conseguinte, para o exercício de funções de cidadãos de pleno direito.

1.3. Questões de investigação

Tendo em atenção: a) as recomendações da investigação em Educação em Ciências respeitantes às finalidades do ensino das Ciências na escolaridade obrigatória; b) as orientações programáticas apresentadas pelo Currículo Nacional do Ensino Básico, relativamente à promoção da capacidade dos alunos para explicar fenómenos naturais e para lidar com dados e evidências; c) a centralidade do manual escolar em contexto educativo, o qual pode constituir o elo de ligação entre os princípios defendidos pelos especialistas e pelos documentos reguladores da Educação em Ciências e a prática pedagógica; d) os contextos adequados que as actividades laboratoriais fornecem para interligar dados, evidências e explicações de fenómenos naturais; e) os resultados de estudos realizados com alunos, futuros professores e professores, acerca da explicação de fenómenos naturais, bem como da abordagem da inter-relação dados/evidências/conclusões em manuais escolares de Ciências; f) os resultados da investigação acerca da prática docente, quanto ao tipo da explicação que os professores facultam aos alunos, formulam-se as seguintes questões de investigação:

- i) Que características apresentam as explicações que os manuais escolares de Ciências do Ensino Básico facultam, nas actividades laboratoriais que propõem para o tema “características e comportamentos do ar”?

A fim de se tentar conseguir resposta para esta questão, será necessário:

- Analisar as explicações de fenómenos físicos associadas às actividades laboratoriais para o tema “características e comportamentos do ar”, propostas pelos manuais de Ciências dos 1º, 2º e 3º ciclos, especificamente, no que respeita ao tipo de explicação e à inter-relação dados/evidências/conclusões que estabelecem;
- Comparar as explicações científicas que os manuais escolares desses três níveis de ensino disponibilizam, acerca de fenómenos físicos, nas actividades laboratoriais que propõem.

- ii) Que relação existe entre os tipos de explicação que os professores consideram que os alunos dos três ciclos deverão ser capazes de construir e as explicações que eles próprios admitem como sendo as mais correctas e adequadas, relativamente a fenómenos do âmbito do tema “características e comportamentos do ar”?

Com vista à obtenção de uma resposta para esta questão, será preciso:

- Identificar os tipos de explicação que os professores consideram que os alunos desses níveis de ensino deverão ser capazes de construir para fenómenos físicos relacionados com as “características e comportamentos do ar”;
 - Analisar os tipos de explicação que os referidos professores de Ciências admitem ser completas, acerca dos mesmos fenómenos físicos atrás referidos;
 - Comparar os tipos de explicação que os professores consideram que os alunos dos três ciclos deverão ser capazes de construir e os tipos de explicação que eles próprios admitem ser adequadas, para os mesmos fenómenos físicos, já atrás mencionados.
- ii) Que características têm as explicações construídas pelos alunos dos três ciclos do Ensino Básico, sobre os fenómenos físicos reproduzidos em actividades laboratoriais e relacionados com o tema “características e comportamentos do ar”?

Na tentativa de alcançar resposta para esta questão, será necessário:

- Analisar os tipos de explicação que os alunos desses níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos) formulam para situações problemáticas que reproduzem fenómenos físicos centrados no tema “características e comportamentos do ar”;
- Comparar as explicações científicas que os alunos dos diferentes ciclos do Ensino Básico formulam, para os referidos fenómenos físicos.

1.4. Importância do estudo

Conforme já atrás se referiu, a recente Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 49/2005, de 30 de Agosto), em consonância com a anterior Lei (Lei nº 46/86, de 14 de Outubro), priorizando a

formação integral de todos os alunos, nas suas várias dimensões (os conhecimentos, as atitudes e valores e as capacidades), estabelece que “sejam equilibradamente inter-relacionados o saber e o saber fazer, a teoria e a prática, a cultura escolar e a cultura do quotidiano” (artigo 7º, alínea b)).

No contexto da ciência e da investigação científica, as explicações científicas contribuem para promover novas descobertas e novos conhecimentos (Horwood, 1988). No contexto do ensino das Ciências, constituem o objecto de aprendizagem (Dagher & Cossman, 1992), nomeadamente, no que respeita à aprendizagem do conhecimento conceptual (Unsworth, 2001) pelos alunos. Por outro lado, os responsáveis pela elaboração dos currículos reconhecem que, para a concretização das orientações quer quanto à explicação e previsão de fenómenos naturais, quer quanto ao desenvolvimento de competências relacionadas com a recolha de dados e a utilização de evidências, desempenha papel relevante o trabalho de laboratório no ensino das Ciências, em todos os anos de escolaridade básica.

Neste contexto e aceitando que o manual escolar de Ciências deve ser um recurso ao serviço das orientações curriculares (Wellington & Osborne, 2001), deveria, não só propor ao aluno actividades laboratoriais capazes de fornecer dados que constituam evidências das explicações que se pretende que ele aprenda, mas também colocá-lo em situações que exijam que decida sobre os dados a recolher, que seleccione de entre esses aqueles que constituem evidência do fenómeno em questão e que conclua sobre o fenómeno em causa.

Por sua vez, em relação à forma de lidar com a explicação científica, a literatura, essencialmente estrangeira, indica que:

- Os manuais escolares de Ciências não lidam com esta problemática da melhor forma – frequentemente, apresentam as conclusões com base em conhecimentos disponíveis, não directamente associados à actividade realizada, em vez de terem por base a recolha de dados efectuada e a selecção e interpretação dos que constituem evidências do fenómeno em questão;
- Os alunos, futuros professores e professores revelam bastantes dificuldades quer em construir explicações, quer em as ensinar aos alunos - demonstram dificuldades em interpretar evidências que lhes são dadas; concentram-se, apenas, em alguns dados, ignorando outros; não identificam os dados que constituem evidências das explicações construídas; concluem com base em evidências insuficientes ou irrelevantes.

Resta, então, saber o que realmente se passa com esta problemática em Portugal. Neste contexto, tendo em conta o lugar da explicação de fenómenos físicos na Educação em Ciências, bem como a importância de competências de explicação e de selecção e utilização de evidências na vida quotidiana e, sendo escassos os estudos desenvolvidos neste domínio, especialmente, em Portugal, considera-se útil para o ensino das Ciências desenvolver um trabalho de investigação que, averiguando as características das explicações associadas às actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares de Ciências do Ensino Básico e a forma como professores e alunos lidam com a explicação de fenómenos físicos, permitirá obter informações no que respeita aos seguintes aspectos:

- Se os manuais escolares portugueses de Ciências, do Ensino Básico, promovem (ou não) o desenvolvimento, pelos alunos, de competências explicativas de interrelacionamento dados/evidências/explicações nas actividades laboratoriais que sugerem e, ainda, se ajudam (ou obstam) a que os alunos aprendam as explicações científicas construídas pelos cientistas;
- Se as exigências dos professores, face às explicações que os alunos de diferentes níveis de ensino de escolaridade devem dar para diversos fenómenos físicos dependem do nível de escolaridade ou se eles não fazem essa diferenciação e exigem explicações semelhantes às que eles próprios consideram completas (mesmo que o não sejam);
- Se os alunos (1º, 2º e 3º ciclos), em contexto laboratorial, fazem (ou não) previsões fundamentadas e se usam (ou não) evidências empíricas e modelos teóricos para construir as explicações, para observações efectuadas.

O conhecimento profundo destes três aspectos permitirá identificar eventuais pontos-chave que necessitam de intervenção para que os três intervenientes no processo de ensino e de aprendizagem (manuais, professores e alunos) funcionem harmoniosamente, com vista ao desenvolvimento de competências de explicação dos alunos.

1.5. Limitações do estudo

Tal como acontece nos vários trabalhos de investigação, também este apresenta algumas limitações de natureza vária, relacionadas com a própria amostra, com a recolha de dados e com o

tipo de tratamento e análise de dados efectuados. Consideram-se, então, os seguintes aspectos como limitações principais desta investigação:

- O facto de estarmos dependentes da receptividade e da disponibilidade dos professores e dos alunos para colaborarem na investigação fez com que tivéssemos que fazer depender os critérios de selecção destas sub-amostras, pelo menos em parte, da disponibilidade dos sujeitos, o que significa que, embora tenhamos procurado trabalhar com um número suficientemente elevado de elementos, de forma a reduzir as probabilidades de a amostra apresentar características diferentes da população de onde foi retirada, não há, contudo, garantias de representatividade de cada um destes subgrupos, relativamente aos grupos a que pertencem;
- O facto de as técnicas de recolha de dados serem a análise de documentos, o inquérito por questionário e o inquérito por entrevista (não obstante a utilização de um protocolo semi-estruturado para esta última), faz com que seja difícil anular quer a interferência da investigadora na recolha de dados, quer alguma subjectividade (associada à interpretação) na análise de conteúdo dos documentos (actividades incluídas nos manuais e questionários) e das entrevistas;
- A restrição da investigação a um só conteúdo programático (“características e comportamento do ar”) pode constituir um procedimento limitativo e condicionar o significado dos resultados referentes às características das explicações de fenómenos físicos, propostas por manuais escolares e adoptadas por professores e alunos. Contudo, tentou-se ultrapassar este problema, ao escolhermos um conteúdo programático que fosse abordado em quase todos os anos da escolaridade básica, embora a diferentes níveis de complexidade, e que tem a ver da vida diária com a vida diária das pessoas;
- O facto de na análise dos manuais escolares se utilizar a análise de conteúdo significa que, apesar de termos recorrido à comparação da análise de algumas das actividades laboratoriais, efectuada por diversos especialistas, a perspectiva da investigadora pode, mesmo assim, ter interferido no processo de recolha e análise dos dados, afectando, negativamente, a qualidade destes;
- A aplicação de um questionário anónimo aos professores impossibilita a confirmação ou esclarecimento de dúvidas no que respeita à interpretação e/ou ao significado implícito nas

respostas dadas. Contudo, o facto de o questionário ter sido respondido na presença da investigadora, permitiu esclarecer algumas dúvidas dos respondentes sobre questões, de forma que não interferissem com o conteúdo da resposta;

- O facto de os professores participantes no estudo não trabalharem com os alunos com os quais se realizou a entrevista e de cada subgrupo incluir 55 elementos, usando-se, portanto, uma amostra maior do que a utilizada no estudo realizado com os alunos, faz com que não seja possível relacionar, directamente, professores e alunos, em termos de explicações usadas. Todavia, a fim de se minimizar os efeitos destas limitações, escolheram-se professores que leccionavam os mesmos níveis de ensino a que pertenciam os alunos e incluíram-se no questionário as mesmas actividades laboratoriais realizadas com os alunos, procurando-se, deste modo, conferir uma certa consistência à investigação, no que respeita à comparação dos resultados respeitantes aos dois estudos (professores e alunos).
- A necessidade de recorrermos a várias actividades laboratoriais, em situação de entrevista, obrigou a limitar a dimensão da sub-amostra de alunos (25 de cada ano terminal de cada um dos três ciclos do Ensino Básico), o que faz com que os dados não sejam suficientes para que os resultados da investigação sejam generalizados. Porém, o facto de se ter recorrido à técnica de inquérito por entrevista, fez com que se pudesse obter respostas profundas e esclarecedoras, com os diversos alunos.

1.6. Plano geral da tese

Esta tese, cujo assunto principal versa a explicação científica de fenómenos físicos, nos três ciclos do Ensino Básico, a nível dos manuais escolares de Ciências, dos professores e dos próprios alunos, está dividida em cinco capítulos que incluem, cada um deles, diferentes aspectos, em conformidade com os objectivos de cada capítulo.

O primeiro capítulo, destinado a contextualizar e apresentar a investigação realizada, divide-se, para além de uma sucinta parte introdutória (1.1), em cinco partes, designadamente: a contextualização geral da investigação (1.2), as questões de investigação definidas (1.3), a importância do trabalho de investigação para o ensino das Ciências (1.4), as limitações de que a mesma se reveste (1.5) e, por último, a estrutura geral da tese (1.6).

O segundo capítulo reserva-se à descrição da revisão da literatura existente acerca do tema sobre o qual versa esta investigação. Assim, a seguir a uma breve introdução (2.1) no início do capítulo, na qual se dá a conhecer a forma como o mesmo se encontra organizado, seguem-se mais quatro sub-capítulos que incluem, respectivamente: as principais concepções sobre a natureza e as características das Ciências e respectiva relação com a explicação de fenómenos físicos e naturais (2.2); as perspectivas acerca da explicação de fenómenos físicos e naturais (2.3); algumas investigações desenvolvidas, quer no estrangeiro, quer em Portugal, acerca da forma como os manuais escolares, os professores e os alunos lidam com a explicação científica (2.4); e, por último, uma síntese geral das principais ideias relatadas ao longo de todo o capítulo (2.5).

O terceiro capítulo, que tem como propósito básico a apresentação e a fundamentação dos procedimentos usados na consecução da investigação, inicia com uma secção introdutória (3.1), seguindo-se três sub-capítulos respeitantes aos três estudos desenvolvidos no âmbito desta investigação, nomeadamente: as explicações de fenómenos físicos associadas às propostas de actividades laboratoriais em manuais escolares de Ciências (3.2); as explicações que os professores admitem que os alunos formulam acerca de fenómenos físicos e as que eles próprios consideram completas (3.3) e as explicações que formulam os alunos do Ensino Básico acerca de fenómenos físicos, reproduzidos nas actividades laboratoriais (3.4). Cada um destes três sub-capítulos divide-se em seis secções, especificamente: descrição do estudo, caracterização da população e amostra escolhidas para o estudo em questão, selecção e justificação da técnica de recolha de dados, selecção e construção dos instrumentos usados na recolha de dados e, por último, procedimentos usados na recolha e no tratamento de toda a informação recolhida.

O quarto capítulo destina-se a apresentar e a discutir os resultados obtidos para as questões de investigação formuladas. Tal como os capítulos anteriores, também este começa por uma resumida introdução (4.1) que expõe a forma como se encontra estruturado o capítulo, organizando-se, posteriormente, em três sub-capítulos, em cada um dos quais se inserem as informações respeitantes a cada um dos três estudos desenvolvidos, especificamente: as explicações de fenómenos físicos associadas às propostas de actividades laboratoriais, em manuais escolares de Ciências (4.2); os professores e a explicação de fenómenos físicos (4.3); e, por último, os alunos e a explicação de fenómenos físicos (4.4).

O quinto e último capítulo inclui as conclusões gerais, decorrentes dos resultados obtidos, e que se apresentam em estreita associação com as três questões de investigação formuladas para cada

um dos três estudos desenvolvidos. Deste capítulo constam, ainda, as implicações que os resultados desta investigação poderão ter ao nível da Educação em Ciências e, ainda, a indicação de algumas sugestões para futuros trabalhos de investigação.

Após estes cinco capítulos, expõem-se, por ordem alfabética, as referências bibliográficas, ou seja, os trabalhos referidos ao longo da tese. Por último, surgem os Anexos que incluem alguns dos documentos usados na realização desta investigação, designadamente, o questionário aplicado aos professores e alguns exemplos de transcrições das entrevistas realizadas com os alunos dos diferentes anos de escolaridade.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução

O objectivo deste capítulo é enquadrar este trabalho de investigação que incide na temática da explicação de fenómenos físicos e naturais, reproduzidos em contexto laboratorial. Para além desta secção introdutória (2.1) que apresenta uma breve síntese da estrutura do capítulo, nos quatro sub-capítulos subsequentes procede-se a uma descrição do que a literatura existente relata acerca de cada um dos assuntos em torno dos quais esta tese foi estruturada, designadamente: as perspectivas sobre a natureza das Ciências e as características do conhecimento científico e sua articulação com a explicação de fenómenos físicos e naturais (2.2); as perspectivas acerca da explicação de fenómenos físicos e naturais (2.3); alguns estudos, desenvolvidos no estrangeiro e em Portugal, e que se centram, fundamentalmente, na forma como os manuais escolares de Ciências, os professores e os alunos lidam com a explicação de fenómenos físicos e naturais (2.4); e, por último, de forma esquematizada, as ideias gerais evidenciadas nos sub-capítulos anteriores (2.5).

2.2. Perspectivas acerca da natureza e características das Ciências e sua relação com a explicação de fenómenos físicos e naturais

Em conformidade com as questões de investigação definidas para este trabalho de investigação e dado ser cada vez mais consensual, entre a comunidade científica, que as concepções e crenças epistemológicas dos professores, acerca da natureza das Ciências, podem influenciar as suas práticas pedagógicas (Mellado, 1998; Praia & Cachapuz, 1994; 1998; Mathy, 1997; Canavarro, 2000; Freire, 2000; Genishi *et al.*, 2001; Kang & Wallace, 2004; Séré *et al.*, 2005), nomeadamente, no que respeita às características das explicações dos fenómenos físicos e naturais que os alunos devem aprender (Hodson, 1988; Hodson, 1998a); Sandoval & Reiser, 2004), considera-se necessária uma breve abordagem sobre a evolução das concepções acerca das Ciências e das características do conhecimento científico, ao longo dos tempos, bem como uma descrição, quer das opiniões de vários especialistas, quer dos resultados de alguns estudos desenvolvidos e destinados a identificar as

perspectivas epistemológicas transmitidas pelos manuais escolares e perfilhadas pelos professores e pelos alunos acerca da natureza das Ciências.

2.2.1. A construção do conhecimento e das explicações científicas: breve resenha

Habitualmente, o cidadão comum associa o conhecimento científico a algo especial, elitista (Solbes, Vilches & Gil, 2002; Reis & Galvão, 2004; Reis, Rodrigues & Santos, 2006), preciso e infalível (Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999) e passível de ser comprovado, objectivamente, através da observação e da experimentação (Chalmers, 1994). Contudo, entre os especialistas em Filosofia das Ciências, não há uma definição única e consensual de Ciências (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Hogan, 2000; Lederman, Wade & Bell, 1998; Wellington, 2000), pese embora o facto de se notar uma evolução (Echeverría, 1995; Izquierdo, Sanmartí & Espinet, 1999; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999) ao longo dos tempos. Todavia, ao analisar as diferentes perspectivas sobre as Ciências e as características do conhecimento científico, emergentes ao longo dos tempos, não se pode considerar umas melhores do que as outras, mas antes, analisar cada uma delas em função do contexto em que foi proposta e perfilhada (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Segundo Hacking (1986), sempre existiu uma visão anti-realista das Ciências, que se traduz pelo princípio que “nada pode ser conhecido excepto o que possa ser observado” (p. 41). Assim, até por volta dos séculos XVI e XVII, as Ciências eram conceptualizadas como um corpo de conhecimentos inquestionáveis e inalteráveis (Mathy, 1997) que, reproduzindo uma imagem exacta da realidade, iam progredindo por acumulação de observações (ponto de partida), até aos princípios gerais (através da indução) que, não sendo sujeitos a alterações, se iam mantendo com base no princípio da autoridade de quem as formulava, nomeadamente, cientistas reconhecidos no seu tempo (Jiménez-Aleixandre, 1996). Precisamente, no início do século XVII, Bacon, considerado um filósofo preconizador das Ciências experimentais (Hacking, 1986), perspectivava que a finalidade principal das Ciências residia na melhoria das condições de vida do Homem e acreditava que tal seria alcançável com a recolha de factos, através de uma observação estruturada que, por sua vez, constituiria a base de toda a vertente teórica (Bacon, 1986). Daí que, os cientistas manipulavam o meio/ambiente, para preverem o como e o porquê do funcionamento do mundo, de forma que as pessoas, servindo-se desse conhecimento, pudessem alcançar melhores condições de vida (Machamer, 1998).

Contudo, apesar da importância que, já no século XVII, Bacon (1986) atribuía à observação, ele não a considerava suficiente para alcançar o saber. Segundo Bacon, a simples experimentação e/ou observação do fenómeno/objecto, por si só, não constitui uma base segura para a obtenção do conhecimento científico; são as variações e a comparação entre as diferenças que permitem chegar à verdade. Para justificar o papel que neste processo atribui à actividade mental, humana, que é necessário exercer sobre os dados para chegar a conclusões, este especialista estabelece uma analogia entre o processo usado pela abelha na transformação de matéria (o pólen) numa obra (o mel) e a obtenção de “verdades e obras”, por parte do ser humano. Assim, para se alcançar o conhecimento científico é necessário recorrer à interligação instrumental das capacidades empíricas (inerentes às Ciências) e das racionais (inerentes à filosofia): “*Scientia et potentia in idem coincidunt, quia ignorantio causa destituit effectum*” (p. 27), ou seja, só pela articulação íntima entre as Ciências (vertente experimental) e a capacidade humana (vertente racional), é possível convergir para um mesmo fim, obtendo-se o efeito desejado (o conhecimento científico), o que não se consegue mantendo isolados estes dois aspectos.

A ideologia baconiana, contempla alguns princípios acerca de “como fazer e inventar o saber” (p. 30), nomeadamente:

- A imprescindibilidade de alguma estruturação e orientação, por parte do ser humano, na construção do conhecimento científico, cujo progresso requer uma interpretação do mundo, na qual colaboram equipamentos, regras, procedimentos e o próprio Homem;
- A experiência, enquanto mera técnica instrumental, não basta para ‘inventar’ o conhecimento científico; antes, deve contemplar um processo de recolha estruturada e orientada de dados, que o autor designa por “*experientia literata*” (p. 27);
- A experimentação, ainda que guiada, não basta para aceder às teorias; antes, deve esse acesso guiar-se por um princípio: cada percurso experimental deve conduzir a uma regra geral sobre o funcionamento de uma parte do mundo, ou seja, havendo experimentação, há regras a alcançar;
- O alcance de regras informa sobre a adequação das experiências às diferentes situações, atitude que o autor define como “*experimenta idonea et apposita*” (p. 27) e que, segundo defende, contribui para a elaboração das teorias.

Assim, é nos séculos XVI e XVII que, vinculado à revolução científica (Chalmers, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1996) provocada pelo êxito de grandes “experimentadores” (Galileu e Newton), emerge uma nova corrente filosófica das Ciências, especificamente, o empirismo. A visão empirista, cuja fundação é atribuída a Bacon (Mellado & Carracedo, 1993; Jiménez-Aleixandre, 1996), apresentava uma alteração estrondosa, relativamente à concepção que a antecedeu, pelo facto de defender que o conhecimento científico se desenvolve com base numa metodologia experimental e manipulativa que visa a comprovação de teorias através da experimentação e de, conseqüentemente, romper com o princípio da autoridade (Jiménez-Aleixandre, 1996).

A concepção empirista apresentava o conhecimento científico como um produto estável e independente, não só dos contextos onde surgia (Vázquez Alonso & Manassero Mas, 1999), mas também do observador (Armella & Waldegg, 1998). Da análise dos próprios verbos, verbos de acção directa tais como, ver, aperceber, constatar, confirmar, utilizados na descrição da actividade investigativa, emergia a ideia de que a observação atenta do mundo e o acompanhar dos fenómenos que nele ocorrem (Mathy, 1997) são suficientes para a construção de conhecimento científico. Por outras palavras, o conhecimento científico inicia-se por acumulação de dados obtidos através de experiências sensoriais (Mellado & Carracedo, 1993; Chalmers, 1994), mas adquire sentido e validade apenas quando confirmado pela experimentação, sendo a observação o suporte seguro para a sua construção (Chalmers, 1994; Hodson, 1996).

Esta perspectiva empirista foi apelidada por Chalmers de concepção indutivista-ingénua, por tomar como ponto de partida a observação e pelo facto de o conhecimento científico surgir mediante um raciocínio indutivo, ou seja, as leis e teorias universais derivarem de enunciados observacionais singulares (Chalmers, 1994) e de não haver lugar para o raciocínio (Bacon, 1986). O empirismo apresenta algumas características que se resumem da seguinte forma (Jiménez-Aleixandre, 1996):

- A experiência é a origem do conhecimento científico;
- A observação é o ponto de partida de toda a actividade científica;
- A observação de fenómenos e a inferência de conclusões, por indução, efectua-se a partir da aplicação do método científico (conjunto de regras universais);
- A observação é objectiva, não sendo influenciada por quem observa.

O empirismo manteve-se durante séculos (Chalmers, 1994; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999), conseguindo uma sólida consolidação (Chalmers, 1994) e uma influência considerável até meados do século XX, mais precisamente, até aos anos 60 (Echeverría, 2003).

Entretanto, ainda no século XIX, as mudanças humanas, sociais, políticas e económicas, geradas pelo desenvolvimento tecnológico e industrial e pelo próprio crescimento da burguesia, influenciam a forma de reflectir sobre as mudanças sociais e, na procura de uma sociedade baseada na ordem e no progresso, emerge uma visão positivista do conhecimento científico (Marcondes, 1997). O termo positivismo foi escolhido por Auguste Comte, no início do século XIX, pela série de “felizes conotações” que, segundo o autor, a própria palavra permitia abranger e que, nessa altura, necessitavam de ser realçadas, designadamente, “realidade”, “utilidade”, “certeza”, “precisão”, “exactidão” (Hacking, 1986, p.42). Várias gerações de filósofos, defensores desta ideologia, imprimiram uma marca diferente e específica às ideias que lhe estão subjacentes, havendo, contudo, princípios comuns que caracterizam a corrente positivista, pois convergem e centram-se em aspectos semelhantes (Hacking, 1986), nomeadamente:

- As afirmações não observáveis, cuja veracidade ou falsidade não seja testável, não têm valor científico;
- Os dados obtidos através de experiências sensoriais constituem suporte para todo o conhecimento científico, não podendo este papel ser desempenhado por entidades/modelos teóricos;
- As relações de causalidade e as explicações profundas são duvidosas, uma vez que, não podendo ser testadas, devem, por isso, ser postas de lado.

Esta corrente ideológica manteve-se inabalável até ao século XX, sendo a sua sólida implementação visível pelo emergir do positivismo lógico (forma extrema de empirismo), através da constituição do Círculo de Viena, em 1922, grupo do qual Karl Popper foi membro activo, ainda que, passado algum tempo, se tornasse dissidente. O Círculo de Viena, de origem alemã, começou por ser um local destinado a reuniões e debates sobre a epistemologia e a teoria das Ciências. Posteriormente, aquando da sua primeira obra publicada em 1929, passou a constituir uma escola com perspectivas próprias acerca das Ciências. Incluindo individualidades com formação diversa (físicos, matemáticos, filósofos, psicólogos, economistas) que se consideravam “herdeiros” da revolução relativista de

Einstein, esse grupo de especialistas visava a unificação das Ciências com base em enunciados empíricos e observacionais, de forma a que a verificação passasse a ser o critério fundamental para diferenciar as Ciências de outros géneros de saber (Echeverría, 2003).

As publicações de Karl Popper, por volta dos anos 30, que incluíam refutações acerca do positivismo (Chalmers, 1994; Echeverría, 1995; Echeverría, 2003), provocaram um forte abalo a esta corrente epistemológica. Karl Popper revelou-se um dos principais críticos do positivismo lógico, não só entre os epistemólogos, mas também entre os cientistas (Echeverría, 1995; 2003). Todavia, só com a obra de Kuhn, nos anos 60, a concepção positivista das Ciências entrou em crise (Echeverría, 1995) e as Ciências começaram a abandonar a “mumificação” a que os filósofos a sujeitaram durante largas décadas (Hacking, 1986). De facto, é numa atitude de reprovação e de crítica acérrima à perspectiva quer dos empiristas/indutivistas, quer dos positivistas que, durante o século XX, se destacam filósofos como Thomas Kuhn e Imre Lakatos (Echeverría, 1995; Echeverría, 2003; Jiménez-Aleixandre, 1996), os quais contrapunham ao procedimento objectivo, rigoroso e acumulativo que, até então, se julgava ser aplicado na construção do conhecimento científico, diversos princípios ideológicos (Jiménez-Aleixandre, 1996), de entre os quais se destacam os seguintes:

- O aspecto mais relevante das Ciências não é o método científico, mas sim os paradigmas (segundo a óptica Kuhniana) ou os programas de investigação (segundo a perspectiva de Lakatos);
- Os dados provenientes de experiências sensoriais, sofrendo influência da experiência, das expectativas e dos conhecimentos do observador, não podem considerar-se objectivos nem tão pouco fiáveis, pelo que não podem constituir uma base sólida para a construção do conhecimento científico.

A ideologia popperiana, designada por perspectiva falsacionista, defende uma metodologia científica dedutiva (Echeverría, 2003) e considera a indução como um “mito” e não como um procedimento científico, pois apenas permite testar as teorias, mas não garante que elas sejam seguras. Para Popper (1991), nenhuma teoria científica pode ser deduzida a partir de “enunciados observacionais”. Pelo contrário, as teorias científicas são vistas como o ponto de partida para o conhecimento científico e não como o resultado de generalizações baseadas em dados empíricos (Popper, 1991). Assim sendo, as Ciências surgem como um conjunto de suposições gerais que,

provisoriamente, descrevem e/ou explicam alguns fenómenos/comportamentos do mundo (Chalmers, 1994). Neste enquadramento, esta corrente falsacionista estabelece a refutabilidade e a testabilidade de uma teoria como um novo critério de demarcação científica (Popper, 1991), colocando a observação e a experimentação como alicerces principais no teste das teorias. No caso de estas não superarem os testes observacionais e experimentais a que se submetem, terão de ser rejeitadas e substituídas por novas hipóteses explicativas (Chalmers, 1994). As teorias resistentes ao teste da experimentação (embora não se tendo a certeza que sejam verdadeiras), continuarão a ser aceites e a servir como explicações científicas.

Deste modo, para os falsacionistas, a Ciência vai progredindo não pela mera acumulação de observações, mas pela refutação de teorias científicas vigentes em determinada época, que vão sendo substituídas por outras melhores e mais satisfatórias (Popper, 1991). Por outras palavras, privilegiando-se mais o testar e o revelar da falsidade das conjecturas, do que propriamente a verificação e/ou confirmação das mesmas, o conhecimento científico passa a ser constituído por teorias e/ou hipóteses cuja veracidade não se pode demonstrar, mas que resistiram à falseação, no contexto de testes experimentais (Hacking, 1986; Echeverría, 2003).

Thomas Kuhn constitui mais uma referência do século XX, no domínio da filosofia das Ciências, ainda que ele próprio não se considere um filósofo, mas sim um historiador das Ciências (Echeverría, 2003). Entre os vários conceitos que, na década de 60, introduziu nesta área (revolução científica, crise, ciência normal, paradigma), com aplicação ainda nos nossos dias (Echeverría, 2003), paradigma foi o conceito que se tornou mais conhecido de todos (Hacking, 1986; Echeverría, 2003) e que ele próprio define como sendo uma “realização científica”, reconhecida universalmente e que, provisoriamente, fornece “soluções modelares” a uma comunidade científica (Kuhn, 1998). Deste modo, o paradigma, orientador da investigação científica, constitui um domínio de natureza teórica e prática (crenças, métodos, conceitos e valores) no qual os cientistas trabalham e a partir do qual estabelecem os problemas a investigar e os processos a seguir (Echeverría, 1995; Echeverría 2003; Jiménez-Aleixandre, 1996), interpretando e prevendo em função desses paradigmas e obtendo, deste modo, legitimidade para o trabalho que desenvolvem (Chalmers, 1994). Assim que os resultados do trabalho realizado no âmbito de um dado paradigma se revelem insatisfatórios e incapazes de solucionar problemas, compete aos cientistas rejeitá-lo e encontrar outro paradigma, incompatível com o anterior, que será usado e respeitado durante um novo período de tempo.

Para Kuhn (1998), um dado paradigma é substituído, parcial ou totalmente, por um novo paradigma, inconsistente com o anterior, quando ocorre uma revolução científica que provoca uma descontinuidade no progresso científico. Será, então, através da ocorrência de várias revoluções científicas que as Ciências vão progredindo (Chalmers, 1994) e não pela acumulação de descobertas e invenções individuais (Echeverría, 1995), dado que a adopção de um novo paradigma implica reconstruir o conhecimento precedente e reavaliar os factos anteriores (Kuhn, 1998). Assim sendo, a ideologia Kuhniana não concebe o processo de construção do conhecimento científico como um processo cumulativo, dotado de uma rígida estrutura quer dedutiva quer indutiva, de uma unidade metodológica e de conceitos científicos exactos. Antes pelo contrário, concebe-o como uma actividade destinada a resolver problemas, submetida às regras do paradigma que rege cada período das Ciências. Consequentemente, aceita uma só explicação científica para cada fenómeno (Hacking, 1986), a qual deve ser compatível com o paradigma vigente.

Também em meados do século XX, mas um pouco posterior a Kuhn, destaca-se Imre Lakatos, filósofo húngaro que, na tentativa de eliminar as limitações do falsacionismo de Popper, tomou como referência a ideologia Kuhniana (Chalmers, 1994), mais concretamente as críticas de Kuhn a Popper, considerando este último como um mestre (Echeverría, 1995). Admitindo a implementação simultânea de vários programas de investigação científica sobre o mesmo problema/assunto e a consequente existência de diferentes explicações para o mesmo fenómeno (Chalmers, 1994), Lakatos destronou a experimentação do lugar de destaque que ocupava, quer no empirismo, quer no falsacionismo, no que respeita, respectivamente, à confirmação e à rejeição das teorias (Echeverría, 1995; Echeverría, 2003). Segundo Lakatos (1993), é às teorias, escolhidas com base na razão e nas evidências, que compete explicar e prever os fenómenos observados, não podendo as teorias rotular-se de verdadeiras ou falsas, nem serem confirmadas ou rejeitadas, apenas com base na observação e em outros procedimentos de natureza empírica. As teorias, como conjecturas que são, acabam sempre por ser substituídas por outras que as superam no estabelecimento de novas previsões que venham a encontrar suporte empírico. O critério de demarcação científica passa, portanto, a residir na comparação de teorias rivais (Lakatos, 1993).

Com efeito, ao longo do século XX, as perspectivas empiristas e positivistas acerca das Ciências, assentes na observação e na experimentação, foram dando lugar a perspectivas racionalistas/construtivistas, segundo as quais a razão e os conceitos existentes na mente do indivíduo são preponderantes na construção do conhecimento científico (Mellado & Carracedo, 1993; Porlán

Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000). São esses conceitos prévios que orientam a observação e que, por isso, podem fazer com que desta resultem diversas ideias. Segundo estas perspectivas, o processo de construção do conhecimento científico é um processo de investigação, humano e dinâmico (Murcia & Schibeci, 1999), dos fenómenos e/ou estruturas do mundo (Machamer, 1998), que não se centra, apenas, na procura da verdade ou no conhecimento do mundo, mas que visa, também, exercer uma acção transformadora desse mesmo mundo” (Echeverría, 1995; Echeverría, 2003). Assim, o conhecimento científico passa a ser encarado como uma construção social e pessoal acerca do mundo, efectuada a partir das interpretações de cada um (Driver, 1995; Izquierdo, 1996; Gallegos, 1996; Martín Díaz, 2002; Sandoval & Reiser, 2004) e com vista a possibilitar a resolução de problemas relevantes para a sociedade (Thomaz *et al.*, 1996; Varela Nieto & Martínez Aznar, 1997; Izquierdo, Sanmartí & Espinet, 1999; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999).

A evolução das concepções sobre as Ciências, ao longo de todo o século XX, acabaram por se reflectir em diferentes domínios, designadamente, na filosofia, na sociologia e na história das Ciências (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Echeverría, 2003; Fontes & Cardoso, 2006), fazendo emergir dois períodos distintos, dos quais Kuhn constitui o principal marco separador, através da publicação da sua obra, na década de 60: o período pré-kuhniano, durante a primeira metade do século XX, dominante até cerca da década de 70; o período pós-kuhniano, desde essa década até à actualidade.

O período pré-kuhniano ficou marcado pelo domínio dos empiristas, defensores do contexto da descoberta (Echeverría, 2003) e que encaravam a epistemologia e a sociologia das Ciências como áreas distintas, com objectos de estudo diferenciados. Na verdade, a sociologia era encarada como uma vertente “externa” às Ciências que se ocupava, apenas, da parte estrutural destas. Por sua vez, a epistemologia deve ocupar-se do estudo das características dos conteúdos (vertentes conceptual e procedimental) das Ciências, dado que se constitui como a base de todas as Ciências (Echeverría, 1995; Abd-El-Khalick, 2000).

O período pós-kuhniano, iniciado nos anos 70, caracteriza-se pelo aparecimento de escolas e grupos que pretendiam adicionar uma nova vertente às Ciências, especificamente, a sociologia do conhecimento científico (Pickering, 1992), que não somente se ocupasse da actividade dos cientistas, mas também dos próprios conteúdos das Ciências. Deste modo, passou a conferir-se especial atenção ao contexto da justificação, reconhecendo-se a influência social na produção do conhecimento científico. Tal como o nome indicava (sociologia do conhecimento científico), as Ciências, por um lado, deveriam ser consideradas e entendidas como um produto social, enquanto que, por outro lado, eram

vistas como resultantes de todo um processo de natureza empírica. Tal perspectiva veio a alterar-se nos finais da referida década (década de 70), com o aparecimento de novos conceitos que colidiam com a concepção vigente até então, acerca da sociologia do conhecimento científico. Nas controvérsias surgidas em torno deste assunto, revelaram-se elementos chave autores como Bruno Latour e, mais tarde, Ian Hacking (Pickering, 1992), ao qual nos referiremos mais à frente.

Integradas já nas correntes epistemológicas contemporâneas, destacam-se Larry Laudan e Ian Hacking, cujas obras começam a surgir por volta da década de 80 (Echeverría, 1995). Quanto a Laudan, as suas perspectivas integram um modelo reticular para a construção do conhecimento científico, do qual constam três componentes que se interligam e complementam, designadamente: as teorias, que limitam as metodologias; as metodologias, que justificam as teorias; e as finalidades ou metas, que justificam as metodologias (Colombo de Cudmani, 1997). Assim, a comunidade científica pode proceder a reajustamentos e/ou alterações de um destes três elementos, sem ter de, obrigatoriamente e ao mesmo tempo, proceder à substituição de todos os elementos e de iniciar um novo ciclo, o qual exigiria passar de novo pela experimentação, observação, trabalho dos cientistas (individual e/ou de equipa), chegando, por fim, a uma conclusão. Por seu turno, Hacking parte do princípio que não existe uma só metodologia das Ciências, nem indutiva nem dedutiva, na medida em que, não só as teorias podem dar origem a novas experimentações, como também das experimentações podem derivar novos fenómenos e novas teorias científicas.

Ainda a este propósito, Hodson (1988) considera as teorias como simples suposições e conjecturas sobre a realidade, sendo as mesmas não mais do que meros “instrumentos para calcular e prever” fenómenos (p. 11). Não resultando directamente da observação, as teorias justificam as observações dos cientistas e estão sujeitas à testagem. As teorias e as leis, de cariz mais definitivo, tal como os modelos e as hipóteses, de carácter mais provisório e conjectural, fazem parte integrante de um conjunto de vocábulos utilizados pelos cientistas na elaboração das explicações científicas (Machamer, 1998).

Podendo incluir-se no grupo das afirmações universais, nas quais se expressa uma descrição do mundo natural (Laudan, 1996) ou, até mesmo, definir-se como um conjunto de afirmações aceites e das quais derivam boas explicações em determinada área, as teorias acabam por fornecer um suporte para a formulação da conclusão, resultante do teste que se faz da teoria ou parte dela. Todavia, quer se apresentem sob a forma de previsão ou sob a forma de explicação, as teorias devem referir-se a situações/fenómenos que não sejam directamente observáveis e permitir a elaboração de

previsões (Schwitzgebel, 1999). Para Gopnik & Meltzoff (citado por Schwitzgebel, 1999), as teorias possuem três grupos de características: características estruturais (abstracção, coerência, causalidade, dados concretos e obrigação ontológica), características funcionais (previsão, interpretação e explicação) e características dinâmicas (recusa, hipóteses auxiliares, modelos alternativos, experimentação e observação). Segundo Schwitzgebel (1999), estas características associadas às teorias e de natureza tão diversificada (recolha, interpretação/compreensão dos dados, recurso a relações estruturais), acabam por se reflectir, posteriormente, na construção das explicações científicas, pois, também são uma exigência destas. Daí, este especialista considerar que as “boas teorias proporcionam boas explicações científicas” (Schwitzgebel, 1999, p. 472).

A sintetizar esta secção, podemos afirmar que, embora a investigação na área da natureza e características do conhecimento científico tenha sofrido um rápido avanço nas últimas décadas, o facto é que não existe um modelo único e universalmente aceite pelos seguidores das Novas Filosofias da Ciência, sobre a natureza das Ciências e sobre as características do conhecimento científico (Hodson, 1988; Gallegos, 1996; Jiménez-Aleixandre, 1996; Lederman, 1999). Todavia, a análise, ainda que sintética, das concepções sobre as Ciências, de há alguns séculos para cá, faz ressaltar duas perspectivas distintas, dominando e marcando diferentes épocas, designadamente: as Ciências encaradas como tendo a ver com conhecimento definitivo e verdadeiro e as Ciências concebidas como um conjunto de conhecimentos provisórios.

Contudo, pese embora a diversidade de opiniões sobre a natureza das Ciências e sobre as características do conhecimento científico, há já consenso relativamente a alguns aspectos (Hodson, 1988; 1996; Jiménez-Aleixandre, 1996; Thomaz *et al.*, 1996; McComas & Almazroa, 1998; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999; Murcia & Schibeci, 1999), os quais devem ser tidos em conta. Com efeito, na opinião de alguns investigadores (Hodson, 1996; Hodson, 1998a); Sandoval & Reiser, 2004), a concepção perfilhada sobre a natureza e as características do conhecimento científico pode ter implicações ao nível da apresentação das Ciências nas salas de aula e, conseqüentemente, na forma de lidar com a explicação científica. Assim sendo, a questão que se coloca é a de saber se, actualmente, a concepção empirista ainda vigora, em alguns meios, designadamente, entre os educadores em Ciências.

2.2.2. As concepções sobre as Ciências e sua relação com o ensino e a aprendizagem das explicações de fenómenos físicos e naturais

A - Concepções sobre as Ciências presentes nos documentos curriculares

A preocupação, por parte dos responsáveis pelos currículos, em desenvolver nos alunos uma adequada imagem acerca das Ciências, remonta já ao início do século XX (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Lederman, Wade & Bell, 1998; McComas & Almazroa, 1998; Millar & Osborne, 1998; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) e foi acompanhando a emergência de novas concepções epistemológicas, conduzindo a diferentes modelos e a diferentes finalidades curriculares para o ensino e a aprendizagem das disciplinas de Ciências (Colombo De Cudmani, 1997; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000; Cachapuz *et al.*, 2001).

Remonta a finais do século XIX a inclusão de disciplinas de Ciências nos currículos de alguns países (Klainin, 1995; DeBoer, 2000). Em 1882, no Reino Unido, o Departamento de Educação decidiu que o ensino dos conteúdos das diferentes Ciências seria baseado em “experiências” (Hodson, 1996). O ensino das Ciências surgia, assim, associado ao trabalho laboratorial que se apresentava como um meio de verificação ou ilustração de leis e/ou conceitos previamente conhecidos (Woolnough & Allsop, 1985; Tobin 1990; Miguéns & Garrett, 1991). Tratava-se, pois, de um ensino influenciado pela concepção empirista, segundo a qual, o conhecimento científico se desenvolvia através de uma metodologia experimental e manipulativa que visava a comprovação de teorias, as quais só adquiriam validade quando confirmadas pela experimentação (Chalmers, 1994; Hodson, 1996; Jiménez-Aleixandre, 1996).

Entretanto, nos primeiros anos do século XX, surgem as novas ideologias sobre o ensino das Ciências, preconizadas por Armstrong (Woolnough & Allsop, 1985) que, por influência do positivismo, defendia que os alunos deveriam descobrir por eles próprios os conceitos, com base em actividades laboratoriais que deveriam realizar (Woolnough & Allsop, 1985; Miguéns & Garrett, 1991). A concretização da perspectiva de Armstrong faz com que, na viragem do século XIX para o século XX, os conteúdos a leccionar, nas disciplinas de Ciências, se restringissem àqueles que pudessem ensinar-se laboratorialmente, passando os restantes a ser negligenciados (Woolnough & Allsop, 1985). Esta iniciativa levou a um desequilíbrio nos currículos e, por volta dos anos 20, “a descoberta em primeira-mão” era questionada por muitos professores. O próprio Armstrong acabou por admitir que tais práticas de ensino eram inadequadas (Solomon, 1980) e que constituíam um desperdício de tempo

(Woolnough & Allsop, 1985). Deste contexto de insatisfação resultou que o trabalho de laboratório passou, novamente, a ser usado para confirmar e ilustrar conteúdos, previamente abordados nas aulas, situação que se manteve até aos anos 60. Durante este período de várias décadas, o ensino das Ciências era influenciado pelo pressuposto epistemológico de que o conhecimento científico era definitivo, objectivo e inquestionável, pelo que, para aprender, bastava ouvir (Cachapuz *et al.*, 2001).

Sensivelmente por volta dos anos 60/70, na sequência do invejado sucesso da então União Soviética, na área espacial e influenciados pela crença na eficácia do método científico, associado a uma concepção empirista/indutivista das Ciências, surgem alguns projectos curriculares (Nuffield, em Inglaterra, e BSCS, PSSC e CHEM, nos Estados Unidos) que serviram de base para a elaboração de novos currículos de Ciências, os quais enfatizavam a descoberta de factos, pelos alunos, através de actividades investigativas (Freire, 1993; Jenkins, 1998; Gott & Duggan, 1995; Hodson, 1996) e da observação (Cachapuz *et al.*, 2001). Deste modo, o ensino dos processos e, mais concretamente, o ensino do método científico (Freire, 1993; Gott & Duggan, 1995; Leite, 2001), passaram a sobrepor-se ao ensino dos conceitos (Klainin, 1988; Lock, 1988) e essa sobreposição justificava-se pelo facto de se acreditar que se o método científico conduzia os cientistas ao sucesso, poderia também levar todos os alunos da escolaridade obrigatória e, não somente, os futuros cientistas e engenheiros (Freire, 1993; Marín Martínez, Solano Martínez & Jiménez Gómez, 1999; Leite, 2001), não só a aprender a aprender Ciências (Woolnough & Allsop, 1985), mas também a compreender e a intervir no mundo que o rodeia.

Considerado como método único e universal para chegar ao conhecimento, o método científico era apresentado como o único “caminho” possível para fazer Ciências e fomentava uma imagem “dogmática” das Ciências com conhecimentos precisos, estáveis e infalíveis (Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999) e leis e/ou teorias absolutas e verdadeiras (McComas, 1998), induzidas a partir de evidências empíricas (Chalmers, 1994).

Entretanto, no início dos anos 80, todos estes projectos e orientações curriculares que priorizavam a descoberta e a prática do método científico (Gott & Duggan, 1995), tentando tornar os alunos em pequenos cientistas (Millar, 1991; Cachapuz *et al.*, 2001), mas não os motivando para o estudo das Ciências nem os preparando para o mundo activo do trabalho (Sequeira, 2000), passaram a ser questionados e criticados, por parte de alguns investigadores (Hodson, 1988; 1996). Por outro lado, a crescente aceitação das Novas Filosofias das Ciências fizeram notar falhas da concepção indutivista acerca das Ciências (nomeadamente, quando afirmava que a vertente teórica tinha origem

em generalizações, concebidas a partir dos dados seguros e exactos e que as observações e interpretações eram neutras e infalíveis) e questionar o ensino do método científico.

Assim, por volta dos anos 80/90, a aceitação de factores de ordem psicológica (designadamente, do papel da criatividade humana no desenvolvimento das explicações científicas) e de ordem sociológica (nomeadamente, do papel do discurso social na validação das teorias científicas) levam a que os educadores em Ciências a reconheçam como uma actividade humana e complexa (Izquierdo, 1996; Izquierdo, Sanmartí & Espinet, 1999), mais precisamente, um processo de construção social de conhecimentos (Sandoval & Reiser, 2004), destinado principalmente, à resolução de problemas (Gallegos, 1996; Varela Nieto & Martínez Aznar, 1997; Martín Díaz, 2002), em que os dados empíricos são necessários mas não suficientes para construir novas ideias.

Estas alterações na conceptualização das Ciências foram imprimindo outras finalidades ao seu ensino (Izquierdo, Sanmartí & Espinet, 1999). Assim, a compreensão das características do conhecimento científico, da natureza das Ciências e dos seus processos de construção passam a constituir objectivos educacionais, presentes nos projectos curriculares (Lederman, Wade & Bell, 1998; Lederman, 1999; DeBoer, 2000; Beel, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Leach *et al.*, 2000; Hogan, 2000) e a ser consideradas uma componente essencial da Literacia Científica (Hodson, 1998; Lederman, 1999; Eick, 2000; Hogan, 2000; Moss, Abrams & Robb, 2001; Blanco López, 2004).

Desde os anos 90 até à actualidade, a aceitação da interdependência entre o conhecimento científico e as evidências empíricas (Hodson, 1988; Millar, 1991; Machamer, 1998; Sandoval & Reiser, 2004), faz com que a vertente epistemológica esteja, directa ou indirectamente, presente nos documentos curriculares dos diversos países. No caso concreto de Portugal, o Currículo Nacional do Ensino Básico resultante da recente Reorganização Curricular do Ensino Básico (DEB, 2001), defende o “desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios como o do conhecimento [...] epistemológico” (p. 132), considerando crucial levar os alunos a “adquirir uma compreensão geral e alargada [...] das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica” (p. 129), assim como a “reconhecer que o conhecimento científico está em evolução permanente, sendo um conhecimento inacabado” (p. 130) que “se deve a diversas teorias científicas, muitas vezes contraditórias e polémicas” (p. 134).

Neste contexto, o referido documento (DEB, 2001) confere especial atenção à necessidade de o aluno “aprender a construir argumentos persuasivos a partir de evidências” (p. 130), apresentando “explicações científicas que vão para além dos dados” (p. 139). Para tais concretizações, propõe-se

que os alunos sejam colocados perante situações educativas, tais como: “discussões sobre a evolução do conhecimento científico, percebendo [...] que as ideias científicas para serem compreendidas precisam de evidências” (p. 136); análise dos “relatos do trabalho de cientistas [que] constitui uma oportunidade para os alunos reflectirem sobre a evolução do conhecimento científico” (p. 139); “situações de resolução de problemas [e discussão de] conceitos e teorias científicas [...] de modo a promover a compreensão sobre a natureza da Ciência [e o confronto das] explicações dadas pela Ciência [...] com as evidências e os dados obtidos pelo estudo desses fenómenos” (p. 140).

De forma análoga, as competências específicas, definidas e concebidas “como saberes em uso, necessárias à qualidade da vida pessoal e social de todos os cidadãos” (DEB, 2001, p. 15), pretendem assegurar que os alunos aprendam a “relacionar-se com [...] diversas descobertas científicas e processos tecnológicos, bem como com as suas implicações sociais” (p.129), as quais proporcionam “não só o acesso aos produtos da Ciência mas também aos seus processos” (p.134). Desta forma, são valorizados aspectos como o “reconhecimento da importância de se interrogar sobre [...] as explicações da Ciência e da Tecnologia relativamente aos fenómenos que lhes estão associados” (p. 135), o “reconhecimento do papel da Ciência e da Tecnologia na transformação e utilização dos recursos existentes na Terra” (p. 140), a “compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra” (p. 140) e o “reconhecimento de que a intervenção humana na Terra [...] exige conhecimento científico e tecnológico em diferentes áreas” (p. 142).

Assim, propõe o referido documento (DEB, 2001) que, ao longo da escolaridade básica, “a partir de temas e ou questões geradoras decorrentes da observação da realidade que lhes é próxima, os alunos problematizem e investiguem, isto é, coloquem hipóteses, recolham e tratem a informação, analisem dados usando os meios e os instrumentos adequados para o efeito e encontrem soluções que levam ou não à resposta adequada ao problema” (p. 76). Nesta variedade de actividades “que passam pela compreensão do problema, pela concepção de um plano de acção, pela execução, que pode implicar a recolha, tratamento e análise de dados, e pela reflexão dos resultados obtidos” (p. 79), “estão implicados saberes de carácter disciplinar e não disciplinar” (p. 76), das quais “resultarão competências de saber [...] de saber-fazer [...] e de saber-ser” (p.78), imprescindíveis “à intervenção cívica de forma responsável, solidária e social” (p. 131).

Porém, não obstante a preocupação que os documentos oficiais reflectem, na atribuição de prioridade e destaque a esta temática, especificamente, a natureza das Ciências (Rudolph, 2005), a

opinião generalizada entre diversos autores da área da Educação em Ciências é que o desenvolvimento desses currículos se tem revelado muito descritivo e centrado em leis, teorias e conceitos (Hurd, 1998; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000; Martins, 2002b); Pedrosa & Martins, 2002; O'Neill & Polman, 2004; Vilches, Solbes & Gil, 2004; Reis & Galvão, 2004), dando pouca importância à formação dos alunos, com vista à explicação de fenómenos físicos e à utilização de evidências empíricas.

B - Concepções sobre as Ciências veiculadas por manuais escolares de Ciências

O facto de o manual escolar ser encarado pelos professores como o principal instrumento pedagógico nas aulas de Ciências (Gérard & Rogiers, 1998; Campanário & Otero, 2000; Wellington & Osborne, 2001) e de, conseqüentemente, a forma como organiza o conhecimento, determinar a imagem da actividade (Hofstein & Lunetta, 1982) e do conhecimento científico desenvolvido na sala de aula (Chiappetta, Fillman & Sethna, 1991a); 1991b)), faz dele co-responsável pela forma como os professores a “transmitem” e os alunos a concebem (Blanco, 1994; Wellington & Osborne, 2001).

Tal “responsabilidade” levou a que a investigação em educação em Ciências tenha já desenvolvido uma diversidade de estudos que contemplam diferentes áreas e diferentes níveis de ensino. Assim, enquanto que alguns desses estudos se centram, explicitamente, na imagem acerca da natureza das Ciências (ex: Galiana, 1999; McComas, 2004), outros, porém, relacionam-se com aspectos, tais como, a análise das actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares (ex: Figueiroa, 2001; Figueiroa, 2003; Leite & Figueiroa, 2002; Moreira, 2003; Sequeira, 2004; Leite, 2006), os quais, tendo a ver com o processo de construção do conhecimento científico, acabam por, implicitamente, influenciar a concepção de Ciências veiculada pelos manuais escolares.

Na verdade, a forma como o trabalho laboratorial, proposto nos manuais escolares de Ciências, se distancia quer das orientações curriculares, quer das directrizes provenientes da investigação científica, no que respeita à sua utilização, centrada numa orientação investigativa de resolução de problemas, reflecte, de forma subjacente, uma inadequada imagem sobre a natureza do conhecimento científico, ou seja, continuam a veicular uma concepção de natureza empirista/indutivista que tem a ver com a descoberta de conceitos (Figueiroa, 2001; Moreira, 2003) e/ou com a ilustração/verificação dos mesmos (Sequeira, 2004).

No que se refere, especificamente, à imagem de Ciência, transmitida pelos manuais escolares, parece haver consenso entre os especialistas que é uma inadequada imagem, reflectindo uma visão deturpada da forma como o conhecimento científico se constrói ou evolui, pois apresentam-no como um processo “linear”, acabado (Santomé, 1998), constituindo excepções os que apresentam o conhecimento científico num contexto de “descoberta e produção” (Wellington & Osborne, 2001), ou seja, os que facultam aos alunos oportunidades de prever, recolher, seleccionar, analisar e concluir. Assim, essa imagem acerca do conhecimento científico é considerada uma “falsa” imagem (Chiappetta, Sethna & Fillman, 1991a)), incorrecta (McComas, 1998; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999; Canavaro, 2000) e obsoleta, que fomenta a ideia de que a observação é objectiva (neutra) e respeita critérios exactos (Mathy, 1997), constituindo o ponto de partida para a construção do conhecimento.

Com efeito, estudos desenvolvidos com manuais escolares, de diferentes níveis de ensino, sobre as concepções de Ciências que os mesmos transmitem, sugerem que aqueles veiculam uma imagem pouco correcta das Ciências, pois deturpam alguns aspectos relacionados com a construção e a evolução do conhecimento científico (Santomé, 1998; Canavaro, 2000). Assim, sem a pretensão de sermos exaustivos, descrevem-se, seguidamente, alguns estudos desenvolvidos com manuais escolares, quer no estrangeiro, quer em Portugal, cuja finalidade se centrava, essencialmente, na investigação da imagem das Ciências sustentada por esse elemento interveniente no processo educativo. Os resultados desses trabalhos de investigação evidenciam alguma falta de consonância entre a imagem das Ciências veiculadas pelos manuais escolares e as visões epistemológicas contemporâneas.

Na América, Chiappetta, Sethna & Fillman (1991b)) concretizaram um estudo que envolveu sete manuais escolares de Química, respeitantes ao ensino secundário, e cujo objectivo era identificar a imagem das Ciências que os referidos manuais veiculavam (um corpo de conhecimentos, uma forma de investigação ou uma forma de pensamento). Os resultados obtidos levaram os autores a concluir que a grande maioria dos manuais escolares analisados apresentava as Ciências como um corpo de conhecimentos (factos, conceitos, princípios), sendo praticamente excluída a ideia de Ciências como uma forma de pensamento e pouco evidenciada a concepção de Ciências como uma forma de investigação.

Resultados análogos aos anteriores foram obtidos em França, por Galiana (1999), num estudo que envolveu 88 manuais escolares de Biologia, respeitantes ao período entre 1850 e 1996 e

destinados a alunos entre os 15 e os 18 anos de idade. Apesar de o objectivo principal do estudo se direccionar no sentido de investigar, em termos estruturais, a evolução da componente laboratorial apresentada por esses manuais, os resultados permitiram concluir que, ao longo de cerca de 150 anos, os factos e/ou fenómenos são apresentados como estáticos e inquestionáveis e que a observação é enfatizada, em detrimento de outros aspectos relacionados com o processo de investigação científica. Assim, os manuais não só não sofrem grandes alterações, como continuam a adoptar uma lógica, basicamente indutiva, em vez de apresentarem as Ciências como um processo dinâmico de produção do saber.

McComas (2004) analisou 15 manuais escolares de biologia, usados em escolas secundárias americanas, com o intuito de caracterizar a forma como usam os conceitos de lei e teoria. Com base nos resultados obtidos, através de uma análise qualitativa, o autor constatou a pouca frequência com que cada um dos dois termos surge nos manuais analisados, assim como o baixo nível de complexidade das definições fornecidas, para cada um dos referidos conceitos. Concluiu, ainda, que a maior parte dos manuais analisados inclui uma grande quantidade de exemplos de leis, sobretudo, do âmbito da genética. Quanto ao uso das teorias, a situação constatada é diferente, uma vez que cerca de metade dos manuais analisam aspectos respeitantes à definição do conceito, designadamente, o papel que as mesmas desempenham na explicação dos fenómenos naturais, mas nenhum manual aborda a problemática da construção de uma teoria. Segundo o autor, ainda que este estudo se centrasse, apenas, na análise das teorias e leis, os resultados “negativos” que conseguiu obter sugerem uma situação equivalente, em termos de inadequação, em tudo o que respeita à natureza das Ciências.

Trabalhos de investigação desenvolvidos em Portugal, com o objectivo de identificar as concepções acerca das Ciências, que os manuais escolares (de edição anterior e/ou posterior à implementação da Reorganização Curricular do Ensino Básico, em 2001) reflectem, conduziram a resultados idênticos e concordantes com os dos estudos acima descritos. Refira-se o estudo realizado por Santos & Valente (1995) que, embora com a intenção de investigar a inclusão da vertente CTS em excertos de manuais escolares de Ciências utilizados no Ensino Básico, permitiu concluir que os manuais analisados apresentam o conhecimento científico como informação segura, e não como uma construção mental, deixando transparecer a ideia de que as observações e os conceitos, em lugar de surgirem de contextos práticos e sociais, surgem como resultado de uma descoberta orientada.

Ainda no domínio da imagem das Ciências veiculada pelos manuais escolares, Campos (1996) concretizou um estudo que envolveu a análise de quatro manuais escolares de Química, respeitantes ao ensino secundário, em relação ao tratamento do tema Ácido-Base. Procurando averiguar a imagem das Ciências e da construção do conhecimento científico transmitida por esses manuais, o autor constatou que a globalidade dos manuais escolares analisados veiculava uma perspectiva sobre as Ciências de natureza empirista/positivista.

Relacionado também com a imagem das Ciências transmitida pelos manuais escolares, refere-se o estudo que Pereira & Duarte (1999) desenvolveram com dez manuais escolares de Química do 9º ano de escolaridade e cuja finalidade principal era investigar as concepções de Ciências subjacentes à exploração do tema: “Transformações químicas e o meio à nossa volta – reacções de oxidação-redução”. Os resultados deste estudo permitiram concluir que os referidos manuais escolares transmitiam uma imagem da Ciência como saber acumulado e acabado.

Ainda em Portugal e também realizado antes da implementação da actual Reorganização Curricular do Ensino Básico (DEB, 2001), pode referir-se o trabalho de investigação desenvolvido por Figueiroa (2001), o qual contemplou um conjunto de 12 manuais escolares de Ciências da Natureza, do 5º ano de escolaridade e editados pela primeira vez ou reeditados em 2000. Apesar de se centrar na estruturação de actividades laboratoriais, propostas pelos manuais escolares e não, propriamente, na imagem de Ciência que os mesmos transmitem, o estudo permitiu constatar que os manuais analisados reflectiam uma imagem ultrapassada das Ciências, pois incluíam actividades com baixo nível de abertura, exigindo um reduzido envolvimento, sobretudo cognitivo, por parte do aluno, primando pela descrição das etapas que o aluno deverá seguir, em vez de os colocar em situações de prever, recolher, seleccionar, analisar, concluir. Na verdade, com a maioria das actividades pretendia-se conduzir o aluno ao único resultado possível, o qual servia para confirmar a “teoria” apresentada previamente. Assim sendo, estes manuais escolares continuam a veicular a concepção indutivista.

Moreira (2003) realizou também um estudo, após a publicação da recente Reorganização Curricular (DEB, 2001), que tinha como objectivo principal comparar a concordância, ao longo das três últimas décadas (desde os anos 80 até à actualidade), entre investigadores, documentos oficiais emitidos pelo Ministério da Educação, manuais escolares e respectivos autores, no que respeita à utilização do trabalho de laboratório. Este trabalho de investigação envolveu os programas curriculares de Ciências da Natureza (editados em 1981, 1991 e 2001), 12 manuais escolares de Ciências da Natureza distribuídos por essas três épocas, pelos dois anos de escolaridade que compõem o 2º ciclo

(seis de 5º ano e seis de 6º ano) e, ainda, três autoras dos manuais escolares analisados. Com base nos resultados obtidos, através de uma análise de natureza qualitativa, a autora deste estudo constatou que, ao longo das três décadas consideradas, houve sempre concordância entre a investigação em educação em Ciências e os programas curriculares, mas que só se verificou concordância entre os programas, os manuais escolares e respectivos autores, nos anos 80, época em que todos veiculavam uma visão indutivista do uso do laboratório para o ensino das Ciências. Portanto, ao longo das duas décadas seguintes (anos 90 e 2000), ainda que as orientações provenientes da investigação científica e dos documentos curriculares preconizam a utilização das actividades laboratoriais no âmbito de uma metodologia investigativa, centrada na resolução de problemas, os manuais escolares de Ciências e os respectivos autores continuam a adoptar a perspectiva indutivista dos anos 80, uma vez que, durante todos estes anos (três décadas), as actividades laboratoriais apresentam as mesmas características, designadamente, actividades orientadas para a determinação do que acontece (conduzem o aluno ao único resultado possível, para confirmação da informação dada previamente), não promovendo a evolução conceptual nem a aprendizagem de metodologia científica.

Relacionado, ainda, com aspectos inerentes à (re)construção do conhecimento científico, os quais, implicitamente, se articulam com a imagem das Ciências veiculada pelos manuais escolares, e, de certa forma, concordante com os dois últimos estudos, atrás descritos, é o estudo concretizado por Sequeira (2004), cuja finalidade consistia em comparar as características do trabalho de laboratório incluído em manuais escolares editados antes (Reforma Curricular de 1991) e após a implementação da recente Reorganização Curricular (DEB, 2001). Para a concretização de tal objectivo, a autora serviu-se de uma amostra constituída por 14 manuais escolares de Ciências Naturais, do 7º ano de escolaridade, sendo sete manuais elaborados com base nas orientações curriculares de 1991 e os outros sete editados a partir das recentes directrizes curriculares, ou seja, pela recente Reorganização Curricular (2002). A partir dos resultados recolhidos e analisados, a autora do estudo constatou que, apesar da inclusão de um maior número de actividades laboratoriais, após a implementação da Reorganização Curricular (DEB, 2001), a qualidade pedagógico – didáctica das actividades não sofreu grandes alterações. Assim, em ambos os períodos considerados no estudo, os manuais escolares incluem actividades fechadas, de baixo nível de abertura (exigem pouco envolvimento do aluno) que pouco contribuem para desenvolver competências inerentes a observar, recolher, seleccionar, analisar, interpretar, concluir, mas que podem veicular uma imagem empirista-indutivista das Ciências.

Conforme é constatável, os manuais escolares de Ciências, incluídos nos estudos que se descreveram, mantêm uma imagem empirista/positivista sobre as características das Ciências e do conhecimento científico, que acabam por veicular. Através das actividades laboratoriais que propõem, estes recursos ao serviço do ensino das Ciências continuam a contribuir muito pouco para a evolução conceptual e para a aprendizagem de metodologia científica, não desenvolvendo, portanto, competências inerentes a observar, recolher, seleccionar, analisar, interpretar e concluir. Em suma, em conformidade com as imagens de Ciências que reflectem, os manuais escolares não promovem o desenvolvimento de competências relacionadas com questionamentos e interpretações críticas, aspectos estes que sendo necessários à (re)construção do conhecimento científico, também o são para a formação científica dos alunos. Sabendo-se da dependência dos professores em relação ao manual escolar, resta-nos então, saber até que ponto as concepções que os professores possuem sobre as Ciências são (ou não) semelhantes às imagens que os manuais escolares adoptam e veiculam.

C - Concepções sobre as Ciências perfilhadas pelos professores

O crescente interesse dos educadores em Ciências, pela natureza das Ciências, bem como a importância que os currículos lhe atribuíram, fez com que a atenção dos investigadores se concentrasse em diversas vertentes do trinómio professores/alunos/natureza das Ciências (Mellado, 1998; Nott & Wellington, 1998; Canavarro, 2000; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000).

Entre essas vertentes destacam-se a identificação e análise das concepções que os professores e os alunos possuem sobre a natureza do conhecimento científico (Praia & Cachapuz, 1994; 1998; Thomaz *et al.*, 1996; Mathy, 1997; Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín Del Pozo, 1998; Canavarro, 2000; Eick, 2000; Leach *et al.*, 2000) e a análise das implicações das concepções de professores e alunos sobre a natureza do conhecimento científico, para o processo de ensino e de aprendizagem (Ryder, Leach & Driver, 1997; Canavarro, 2000; Leach, 2002; Séré *et al.*, 2005), sobretudo, no que se refere à interpretação de resultados, à explicação de fenómenos (Leach *et al.*, 2000) e a outros aspectos inerentes aos métodos e processos de investigação científica (Afonso & Leite, 2000; Eick, 2000; Kang & Wallace, 2004).

No que concerne às concepções dos professores sobre as Ciências e o conhecimento científico, estas vão-se mantendo alheias à evolução da Filosofia das Ciências e vão passando de geração em geração, porque, segundo a opinião de alguns especialistas (Mellado Jiménez, 1996;

Thomaz *et al.*, 1996; Hodson, 1998a); Porlán Ariza & Martín del Pozo, 2004), os novos professores adoptam concepções idênticas às dos seus antigos professores, com as quais contactaram no tempo de alunos, ainda que algumas dessas perspectivas as adquiram ao longo da sua actividade profissional (Nott & Wellington, 1998).

Todavia, os resultados dos estudos que se centraram nas concepções de Ciências perfilhadas pelos professores não são concordantes. De facto, enquanto que algumas investigações (ex: Bell, Lederman & Abd-El-Khalick, 2000) revelam que os professores perfilham concepções adequadas sobre as Ciências (concepção construtivista), outros há que apontam para uma perspectiva empirista-indutivista (Leite, 1996; Praia & Cachapuz, 1994; 1998; Almeida, 1995b); Thomaz *et al.*, 1996; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000; Borges *et al.*, 2001; Kang & Wallace, 2004).

No que respeita às implicações das concepções de professores sobre a natureza do conhecimento científico, no processo de ensino e de aprendizagem, a investigação em educação em Ciências tem demonstrado que, em alguns casos, a prática pedagógica dos professores de Ciências reflecte a influência de factores de natureza vária e não, exclusivamente, das concepções que os docentes perfilham acerca das Ciências (Mellado Jiménez, 1996; Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Mellado, 1998; Lederman, 1999; Leach *et al.*, 2000; Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000). Porém, na maior parte dos casos, as crenças epistemológicas que os docentes adoptam influenciam as suas práticas na sala de aula (Mellado & Carracedo, 1993; Praia & Cachapuz, 1994; 1998; Mellado Jiménez, 1996; Thomaz *et al.*, 1996; Moreno Armella & Waldegg, 1998; Canavarro, 2000; Freire, 2000; Genishi *et al.* 2001; Pereira, 2002; Vilches, Solbes & Gil, 2004; Kang & Wallace, 2004; Séré *et al.*, 2005).

De facto, no que concerne à prática do ensino das Ciências, em sala de aula, ainda teimam em persistir determinados “mitos” (McComas, 1998; Hodson, 1998a) que, reflectindo a falsa ideia de que o conhecimento científico emerge directamente da observação, enfatizam o fazer (recolha de dados) em vez de o pensar (interpretação dos dados e problematização das evidências). Assim, os professores e/ou futuros professores perfilhadores de uma concepção, predominantemente, empirista-indutivista sobre as Ciências, revelam predisposição para considerarem os conhecimentos como resultantes, directamente, da experimentação e da observação (Aguirre, Haggerty & Linder, 1990), para se ligarem a uma prática pedagógica centrada no uso frequente do manual escolar e na memorização dos conceitos (Canavarro, 2000), para considerarem a transmissão de informação como uma prioridade e recorrerem às demonstrações de uma forma descritiva (Kang & Wallace, 2004). Por

outro lado, os indivíduos que sustentam concepções epistemológicas adequadas sobre a natureza das Ciências e as características do conhecimento científico são mais bem sucedidos no ensino destes aspectos inerentes às Ciências (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Estudos vários concretizados no estrangeiro e, também em Portugal, ao longo de várias décadas, têm vindo a revelar que tanto os professores já em exercício de funções, como os futuros professores, perfilham diferentes imagens das Ciências (Lederman, Wade & Bell, 1998; McComas, 1998; Canavarro, 2000; Vilches, Solbes & Gil, 2004), havendo evidências de que essas crenças epistemológicas influenciam as práticas docentes (Vilches, Solbes & Gil, 2004; Kang & Wallace, 2004; Séré *et al.*, 2005). Nos parágrafos seguintes descrevem-se diversos estudos que têm vindo a ser desenvolvidos com professores e/ou futuros professores, em vários países, incluindo Portugal, e que se têm centrado, basicamente, em aspectos do âmbito da natureza das Ciências.

Iniciando com a apresentação de estudos levados a cabo no estrangeiro, comece-se por referir o trabalho de investigação que Aguirre, Haggerty & Linder (1990) concretizaram no Canadá, envolvendo 74 futuros professores de Ciências. Pretendendo detectar as concepções de Ciências que esses professores perfilhavam, os autores consideraram cinco categorias de análise, designadamente: concepção ingénua, segundo a qual as Ciências são concebidas como um corpo de conhecimentos que consiste em observações e explicações acerca do como e do porquê dos fenómenos); concepção experimental-indutivista, em que as Ciências são vistas como um corpo de conhecimentos resultantes directamente da observação e da experimentação, servindo esta última para testar as hipóteses e determinar as que são verdadeiras; concepção experimental-falsificacionista que conceptualiza as Ciências como um conjunto de conhecimentos que se revelaram resistentes à falsificação; concepção trifásica de Ciência, segundo a qual as Ciências são vistas como um processo que engloba três etapas e no qual a construção do conhecimento científico se processa com o desenvolvimento de teorias que são, depois, testadas e, por último, aceites pela comunidade científica; concepção tecnológica, complementar das outras concepções de Ciências e, segundo a qual, as Ciências se apresentam como uma actividade que, pelo desenvolvimento da técnica, promove a qualidade de vida dos indivíduos. Através da análise dos dados obtidos, os autores do estudo concluíram que mais de metade dos futuros professores (38 futuros professores) perfilhavam uma concepção de Ciências de natureza experimental-indutivista e/ou ingénua (33 futuros professores).

Em Espanha, alguns estudos empíricos desenvolvidos por Porlán Ariza, Rivero García & Martín del Pozo (1998) envolveram futuros professores e professores já em exercício de funções e tiveram a

finalidade de identificar a imagem que os mesmos apresentavam acerca das Ciências. Os dados recolhidos através de entrevistas, de diários de aulas e de inventários escritos, evidenciavam o predomínio da concepção empirista (para além da presença de outros tipos de concepções sobre as Ciências), sobretudo, nos professores já profissionalizados, enquanto que entre os futuros professores, era notória uma variedade de concepções epistemológicas.

Concordantes com os resultados dos estudos que têm vindo a ser apresentados, são os da investigação desenvolvida por Murcia & Schibeci (1999), na parte ocidental da Austrália, com 73 futuros professores do 1º ciclo, frequentadores do último ano do curso. A análise dos resultados obtidos por meio da aplicação de um questionário constituído por questões relacionadas com vários aspectos característicos do conhecimento científico, mostram que a maior parte das respostas obtidas, para além de evidenciarem incerteza, por parte dos respondentes, sobre a definição de Ciências, reflectiam, igualmente, inconsistências com as concepções defendidas pelas Novas Filosofias das Ciências, dado que incluíam expressões como “descoberta da verdade através da observação”. Assim, os autores concluíram que, independentemente da idade dos participantes, a globalidade destes perfilhavam ideias positivistas, que conferiam objectividade às observações científicas.

Relacionado, ainda, com as concepções perfilhadas acerca das Ciências, refere-se o estudo qualitativo realizado por Eick (2000) no sudeste dos Estados Unidos, o qual procurou investigar, nas práticas pedagógicas de 12 futuros professores de Ciências, aspectos vários relacionados com as concepções que possuíam acerca das Ciências, nomeadamente, factos, teorias e leis. Os dados, recolhidos através de entrevistas e de trabalhos escritos, permitiram concluir que apenas um dos 12 participantes perfilhava concepções adequadas sobre as Ciências, fazendo a distinção correcta entre factos, teorias e leis. Os restantes futuros professores perfilhavam concepções que correspondem a uma visão das Ciências, de natureza, predominantemente, empirista-indutivista, pois consideravam que só através da utilização do método científico seria possível entender o mundo e a natureza, defendendo a observação e a experimentação como aspectos cruciais deste processo. Assim, tendo em conta as características (referidas em 2.2.1) desta imagem sobre as Ciências, parece-nos que, talvez seja provável que estes futuros professores revelem tendência para formular e ensinar as explicações de fenómenos físicos com base nos dados directamente observáveis, recorrendo mais à descrição dos fenómenos, do que ao estabelecimento de relações entre as observações feitas.

Nos Estados Unidos da América e ainda relacionado com as concepções epistemológicas perfilhadas pelos professores, Kang & Wallace (2004) levaram a cabo um estudo no qual participaram

três professores do ensino secundário que leccionavam Ciências Físico-Químicas e cuja experiência profissional rondava os 16, 17 e 19 anos de serviço. O estudo em questão tinha como finalidade básica averiguar a relação existente entre as concepções que os referidos docentes perfilhavam sobre as Ciências, as finalidades que consideravam mais relevantes no ensino e as suas práticas lectivas, mais precisamente, no que respeita à utilização do trabalho de laboratório. Os dados que foram recolhidos, numa primeira fase, através de entrevistas formais (semi-estruturadas) e individuais e, numa segunda fase, através de entrevistas informais e de observação de aulas e folhas de trabalhos elaboradas pelos alunos, foram sujeitos a uma análise de natureza qualitativa. Essa análise evidenciou que as crenças epistemológicas adoptadas pelos professores, assim como as finalidades que priorizavam no ensino, explicavam, em parte, as suas práticas lectivas, nomeadamente, no que se refere à forma como utilizavam as actividades laboratoriais. Assim, o docente que encarava as Ciências como um corpo de informação inquestionável, revelava tendência para considerar, como finalidade crucial, a transmissão de conhecimentos, restringindo a utilização do trabalho de laboratório às demonstrações, pois, para além de não valorizar a observação e a interpretação de dados, via nesta forma de usar as actividades laboratoriais um processo de confirmar a verdade da informação transmitida e uma poupança de tempo, necessário a essa transmissão. Notava-se, pois, consistência e uma ligação linear entre as crenças epistemológicas que possuía, as finalidades do ensino que valorizava e a forma como usava o trabalho de laboratório. Por outro lado, o docente que adoptava uma concepção de Ciências um pouco mais desenvolvida/sofisticada (para além de um conjunto de conhecimentos, as Ciências incluíam, também, processos de resolução de problemas), ainda que, igualmente, valorizasse a transmissão de conhecimentos, os alunos eram vistos como cientistas, pelo que já lhes facultava oportunidades de “fazer Ciências”. Assim, para além das demonstrações, também proporcionava aos alunos actividades laboratoriais mais abertas, dando-lhes oportunidade de contactarem com diferentes métodos. Quanto ao professor participante que considerava as Ciências como sendo o conhecimento proveniente dos cientistas e validado através de rigorosos processos de investigação, os alunos não são vistos como cientista e o professor, na sala de aula, preocupa-se em desenvolver uma apreciação sobre esse conhecimento. Deste modo, as actividades laboratoriais, altamente estruturadas, surgem como processos rigorosos de validação, seguindo processos de “fazer” e “pensar”, nas quais os alunos interpretam os dados, a partir de uma teoria dada.

Em Portugal, também se realizaram alguns trabalhos de investigação sobre concepções de Ciência, perfilhadas por professores e por futuros professores, e que conduziram a conclusões

idênticas às obtidas nos estudos anteriormente descritos. Um desses estudos foi o trabalho de investigação concretizado por Praia & Cachapuz (1994) e que envolveu 464 professores dos ensinos básico e secundário, das disciplinas de Ciências Físico-Químicas, Geografia e Biologia/Ciências da Terra, com a finalidade de detectar as concepções que esses professores possuem quer quanto à relação entre teoria e observação, quer quanto à natureza do método científico. Os resultados que obtiveram, através da aplicação de um questionário, indicam que a generalidade dos participantes perfilha concepções empiristas, acerca do conhecimento científico.

No mesmo domínio, Leite (1996) desenvolveu um estudo, com 24 professores de Ciências Físico-Químicas, que leccionavam alunos do 3º ciclo, e com 28 futuros professores que frequentavam o penúltimo ano (4º ano) do curso de formação inicial de professores de Física e Química. O estudo tinha como propósito básico analisar, comparativamente, as concepções sobre Ciências, adoptadas por esses elementos, pelo que foi pedido, a cada participante, que apresentasse individualmente e, por escrito, a concepção que tinham acerca das Ciências. A partir da análise dos resultados, efectuada com base nas categorias de análise sugeridas por Aguirre, Haggerty & Linder (1990), já referidas nesta secção, a autora conclui que os dois grupos intervenientes neste estudo, para além de revelarem imensas dificuldades em definirem as Ciências, possuíam concepções muito próximas da concepção empirista, constatando-se o predomínio da perspectiva experimental-indutivista, segundo a qual as Ciências são concebidas como um corpo de conhecimentos que, recorrendo à observação e experimentação, se podem comprovar como verdadeiros e correctos.

Ainda no mesmo domínio, refira-se o estudo que Thomaz *et al.* (1996) desenvolveram e que incluiu 160 futuros professores do 1º ciclo, pertencentes a cinco centros de formação que abrangiam os vários modelos de formação de professores existentes em Portugal. As autoras deste estudo, procuraram não só identificar as concepções desses alunos sobre a natureza da Ciência, mas também investigar a evolução dessas concepções ao longo dos três anos do curso, à custa de um estudo transversal. Para o efeito, aplicaram um questionário constituído por questões abertas, a 90 alunos que frequentavam o 3º ano e o mesmo questionário a 70 alunos do 1º ano. Com base nos resultados globais do estudo, as autoras concluíram sobre: i) a assumpção de uma concepção de cariz empirista-indutivista no que respeita aos processos de construção do conhecimento científico, pela maior parte dos alunos, quer dos do 1º ano, quer dos do 3º ano; ii) a inexistência de evolução e/ou mudança conceptual no que respeita à visão epistemológica que apresentavam no início da formação. Os resultados relativos aos alunos do 1º ano do curso levaram as autoras a afirmar que a forma como os

seus professores, até então, lhes ensinaram Ciências, não lhes proporcionou concepções sobre as Ciências consistentes com as perspectivas contemporâneas. Por outro lado, os resultados obtidos com os alunos do 3º ano do curso são considerados pelas autoras do estudo “preocupantes”, pois, apontando para a persistência dessas concepções, uma vez que os alunos do 3º ano evidenciam concepções semelhantes às dos colegas do 1º ano, acabam por reflectir a forma como se lhes proporcionou uma formação específica para o ensino das Ciências.

De certa forma consistentes com os resultados apurados nas investigações anteriores, são as conclusões que Praia & Cachapuz (1998) obtiveram num estudo que realizaram com 378 professores de Ciências (Físico-Química e Biologia/Ciências da Terra) que leccionavam o 3º ciclo do ensino básico e ensino secundário. Embora a finalidade deste estudo se centrasse na identificação das concepções epistemológicas desses professores, relativamente ao trabalho laboratorial, a análise dos dados recolhidos, através de um questionário, revela que a maioria perfilha, tendencialmente, uma imagem de Ciência de cariz empirista-indutivista. Tal como já se referiu, em relação aos estudos desenvolvidos no estrangeiro, também no caso destas investigações portuguesas, atendendo às concepções de Ciências que estes professores e/ou futuros professores perfilham, parece-nos que revelam alguma tendência para construir e ensinar aos alunos explicações sobre os fenómenos físicos, com base nos dados directamente recolhidos (nomeadamente, os observáveis), não estabelecendo relações de causalidade ou de qualquer outro tipo. É, portanto provável, que não possuam predisposição para facultarem situações educativas que exijam que os alunos decidam sobre os dados a recolher, que seleccionem de entre esses aqueles que constituem evidências do fenómeno em questão e que concluam sobre o fenómeno em causa.

Relacionado, ainda, com aspectos inerentes à (re)construção do conhecimento científico, os quais, implicitamente, se relacionam com a imagem das Ciências perfilhada pelos professores, é o trabalho de investigação que Pereira (2002) desenvolveu com uma amostra constituída por, apenas, dois professores de Ciências da Natureza, do Ensino Básico e que tinha como finalidade básica investigar as concepções perfilhadas por esses professores, acerca de aspectos importantes, relacionados com a utilização do laboratório, entre eles, a concepção epistemológica que possuíam. A recolha dos dados necessários efectuou-se com base na aplicação de questionários (antes e após a implementação de uma acção de formação a esses docentes (planificada em consonância com os princípios construtivistas), em diários de aulas e em observação directa de aulas. Pela análise das informações recolhidas, a autora concluiu que os dois docentes participantes adoptavam, inicialmente,

uma concepção ingénu e experimental-indutivista sobre a Ciência, que se manteve após a acção de formação, não tendo, portanto, ocorrido nenhuma alteração, em relação à concepção perfilhada pelos dois docentes. Porém, em relação à utilização da componente laboratorial, os resultados obtidos revelam que, após a acção de formação implementada, ocorreu uma evolução positiva das concepções (as actividades laboratoriais destinavam-se, sobretudo, a conduzir os alunos à descoberta de conhecimentos) e práticas que possuíam (a maior parte das actividades eram realizadas como demonstrações, permitindo um reduzido envolvimento cognitivo e psicomotor dos alunos). Assim, a autora constatou, por parte dos dois professores participantes, a utilização de actividades laboratoriais que para além de serem mais diversificadas, exigiam também um maior envolvimento cognitivo, e também procedimental, por parte dos alunos.

Resultados um pouco diferentes dos obtidos nos trabalhos de investigação que têm vindo a ser descritos, foram obtidos por Reis & Galvão (2004) que levaram a cabo um estudo em cinco escolas secundárias, situadas na zona de Lisboa e arredores, o qual envolveu cinco professores de Ciências (especificamente, de Biologia e de Geologia), que leccionavam alunos do 7º ano ao 12º ano de escolaridade. O estudo pretendia, entre outros aspectos, analisar as concepções perfilhadas por esses professores quanto à natureza da Ciência, bem como a influência exercida pelas recentes problemáticas relacionadas com as inovações tecnológicas e científicas, nessas concepções. Para a obtenção dos dados necessários, os autores recorreram à observação de aulas, à análise de planos de aula e de outros materiais didácticos e, ainda, a entrevistas semi-estruturadas. A análise dos dados recolhidos evidenciou algumas contradições. Assim, embora a maioria dos professores participantes revelassem concepções sobre as Ciências como algo de transitório, dinâmico e em constante evolução, as suas práticas revelavam-se consonantes com concepções de Ciências que as perspectivam como um conjunto de factos e leis que os alunos deverão memorizar e reproduzir nos testes.

A sintetizar, podemos considerar que a maioria dos professores e/ou futuros professores envolvidos nos estudos que acabam de ser descritos e que pertencem a diferentes países e diversos níveis de ensino, perfilham perspectivas muito semelhantes entre si, sobre as Ciências e as características do conhecimento científico, nomeadamente, a concepção empirista-indutivista, a concepção experimental-indutivista e a concepção ingénu e, sendo muito reduzido o número dos que possuem perspectivas adequadas sobre as Ciências, ou seja, que as conceptualizem como uma interpretação, com base em modelos da realidade. Assim sendo, em nossa opinião, não nos parece que estes professores e/ou futuros professores para construïrem as explicações e, por conseguinte, as

explicarem aos alunos, em contexto laboratorial, facultem situações que exijam que os alunos decidam sobre os dados a recolher, que seleccionem de entre esses aqueles que constituem evidências do fenómeno em questão e que concluam sobre o fenómeno em causa. Antes, supomos que revelam uma forte predisposição para ensinarem aos alunos explicações que emergem directamente dos dados recolhidos e directamente observáveis, recorrendo mais à descrição dos fenómenos, do que ao estabelecimento de relações entre as observações feitas.

D - Concepções sobre as Ciências perfilhadas pelos alunos

Efectivamente, desde muito jovens, os alunos possuem ideias acerca das Ciências que constroem à custa de uma vasta série de contactos com aspectos das Ciências, através da escola e dos meios de comunicação social. Estas ideias, frequentemente incompatíveis com as modernas concepções sobre as Ciências, influenciam a forma de actuação dos alunos, nas salas de aula (Ryder, Leach & Driver, 1997; Sadler, 2004; Sandoval & Reiser, 2004), acabando por influenciar as suas perspectivas acerca do conhecimento científico (Mellado, 1998; Campanario & Moya, 1999; Canavaro, 2000; Sandoval & Reiser, 2004; Séré *et al.*, 2005), o que é constatável em situações que envolvam trabalho laboratorial (Leach; 2002; Kang & Wallace, 2004; Séré *et al.*, 2005).

A este respeito, Leach (2002) nas hipóteses que formula sobre a relação existente entre as concepções dos alunos sobre as Ciências e a actividade que desenvolvem, em contexto laboratorial, e das quais derivaram algumas questões de investigação, analisadas em trabalhos que desenvolveu, posteriormente, contempla uma diversidade de aspectos que se reflectem nas actividades dos alunos. Entre esses aspectos, contam-se: a natureza dos dados, a natureza da investigação em Ciências, a natureza da teoria, a natureza da explicação e a natureza do conhecimento científico. Assim, as referidas hipóteses podem resumir-se da seguinte forma:

- No que respeita à natureza dos dados, o processo de recolha e análise dos dados surge independente da teoria, admitindo a existência de técnicas estandardizadas para o efeito. Não é, portanto, reconhecida a necessidade de evidências empíricas que sirvam de suporte ao conhecimento científico, pelo que os dados são analisados e interpretados a partir de uma verdade já conhecida. Assim, a obtenção de dados, através de medições, por exemplo, é

considerada como um processo exacto e preciso (que requer, apenas, um bom equipamento e alguns cuidados) que reproduz fielmente a realidade.

- No que concerne à natureza da investigação em Ciências, grande parte das questões acerca de fenómenos naturais obtêm resposta pela observação e recolha de dados, pelo que as teorias explicativas derivam desses dados, de uma forma lógica, e os dados são susceptíveis de uma única e possível interpretação. Assim, a comprovação e a falsificação revestem-se de uma lógica simétrica – dados que suportem uma lei, confirmam essa lei, da mesma forma que dados que não suportem uma lei, tornam falsa essa lei. Tais procedimentos, no que respeita à recolha e à interpretação dos dados, são, muitas vezes, influenciados pelas concepções adoptadas, em relação às finalidades das actividades laboratoriais que são vistas como meios de reproduzir resultados previamente conhecidos e não como tarefas de cariz investigativo.
- Em relação à natureza da teoria, não é conferido, às teorias científicas, o devido carácter conjectural, antes pelo contrário, são consideradas descrições dos fenómenos naturais que têm uma correspondência unívoca com a realidade.
- Quanto à natureza da explicação, não são considerados os diferentes níveis, tipos e finalidades da explicação utilizadas em Ciências, sendo as conclusões elaboradas de acordo com o tipo de explicação que o aluno achar mais apropriado. Deste modo, no que respeita às explicações acerca de fenómenos naturais, os alunos não são capazes de distinguir os diferentes tipos de explicação (ex: explicações descritivas, explicações que se baseiam em modelos teóricos);
- No que se refere à natureza do conhecimento científico, não são reconhecidos diferentes formas de acção, no processo de construção do conhecimento científico, antes, essas formas de acção são encaradas como lineares e uniformes, qualquer que seja o domínio em que se processa essa construção.

De facto, ainda que alguns estudos constatem uma correcta concepção de Ciências assumida pelos alunos (Moss, Abrams & Robb, 2001; Ryder, 2002), verifica-se, todavia, que ao fim de várias décadas de ensino formal, os alunos, geralmente, possuem concepções inadequadas acerca das Ciências (Hodson, 1998b); Mellado, 1998; Vásquez Alonso & Manassero Mas, 1999; Murcia & Schibeci, 1999; Reis, Rodrigues & Santos, 2006), parecendo, ainda, não entender os aspectos fundamentais respeitantes à produção do conhecimento científico. Por outro lado, existem também

evidências que essas crenças epistemológicas influenciam a aprendizagem, por parte dos alunos (Ryder, Leach & Driver, 1997; Canavarro, 2000; Sadler, 2004; Sandoval & Reiser, 2004).

Assim, entre os vários estudos desenvolvidos com alunos, em vários países, incluindo Portugal, e que se têm centrado em aspectos respeitantes às concepções sobre as Ciências, é o estudo levado a cabo por Moss, Abrams & Robb, 2001, numa escola secundária do nordeste dos Estados Unidos. O estudo envolveu uma amostra constituída por cinco alunos que frequentavam os 11º e 12º anos de escolaridade e que foram seleccionados numa turma de 20 elementos, após várias semanas de observação de aulas e com base em três critérios, designadamente, o desejo de participação, o género e o aproveitamento escolar dos alunos. A principal questão de investigação que orientou todo o trabalho desenvolvido consistiu em averiguar a concepção sobre a natureza das Ciências que os referidos alunos perfilhavam e, eventualmente, desenvolviam, ao longo de um ano lectivo. Os dados foram recolhidos através da observação directa de aulas e, ainda, de entrevistas individuais semi-estruturadas que, depois de gravadas e transcritas, foram analisadas com base num modelo de análise, que os autores elaboraram para o estudo. O referido modelo de análise incluía diversos cujos parâmetros respeitantes quer às principais características que definem as Ciências, quer aos processos que a elas conduzem. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que os alunos participantes no estudo perfilhavam concepções menos inadequadas sobre as características das Ciências (contemplavam mais de metade dos parâmetros incluídos no modelo de análise), do que, propriamente, sobre os processos e os métodos utilizados na construção do conhecimento científico. Assim, enquanto que a maior parte dos alunos encaravam as Ciências como uma actividade social, de carácter provisório e evolutivo, achando que a imaginação, a lógica e a curiosidade eram aspectos que se articulavam e necessários à investigação científica, bem como a comparação de teorias e o confronto de resultados, apenas um aluno incluiu a previsão nos processos de construção do conhecimento científico, não tendo nenhum deles considerado que na investigação científica também se incluem as situações “imprevistas” (ex: lidar com dados não observáveis e, portanto, com os quais não contam). Os autores constataram, ainda, que a maior parte das concepções que adoptavam sobre as características das Ciências, no início do ano lectivo, se mantiveram inalteráveis, após a frequência desse ano, em cerca de três quartos das premissas integradas no modelo de análise

Centrado na mesma temática, e com resultados, em parte, concordantes com os do estudo anterior, é o trabalho de investigação que Ryder (2002) conduziu, no norte do Reino Unido, mais propriamente, no noroeste da Escócia, com alunos universitários do primeiro ano do curso de Ciências

da Terra. Acompanhando um trabalho de campo, cuja finalidade era desenvolver nos alunos capacidades de interpretação de dados geológicos, este trabalho de investigação tinha como propósito básico identificar as concepções epistemológicas dos alunos e verificar a influência dessas visões na interpretação de dados geológicos. As actividades, realizadas em grupos de três a sete elementos, eram estruturadas de forma a facultar aos alunos oportunidades de se pronunciarem sobre aspectos epistemológicos: planificavam estratégias de recolha de dados, estabeleciam ligações entre os dados, formulavam e analisavam previsões, elaboravam interpretações dos dados, comparavam e avaliavam várias interpretações. Para recolher os dados de que necessitava, o autor recorreu a observações directas no terreno, entrevistas semi-estruturadas e conversas informais e, após a análise e interpretação dos mesmos, concluiu que estes alunos conseguiram seleccionar evidências a partir dos dados disponíveis e desenvolver interpretações para os mesmos. Evidenciaram, ainda, compreender que o conhecimento científico não surge como o resultado de cuidadosas observações e minuciosas recolhas de dados, mas sim através de interpretações pessoais, feitas a partir de evidências que as suportem, e que as respostas nem sempre são definitivas.

Realizado em Portugal e centrado nos mesmos aspectos, especificamente, nas concepções sobre as Ciências e nas características do conhecimento científico, perfilhadas pelos alunos, conheceu-se o trabalho de investigação concretizado por Correia (2006), numa escola de Lisboa, o qual envolveu 12 alunos pertencentes ao 1º ciclo do Ensino Básico e frequentadores do 4º ano de escolaridade. O referido estudo tinha como principal objectivo conhecer as concepções que esses alunos perfilhavam, em relação às Ciências e ao trabalho dos cientistas, bem como a possível origem das mesmas. Para a recolha de dados, a autora serviu-se não só de desenhos e de histórias elaborados pelos alunos, em contexto aula, os quais representavam os cientistas a trabalhar, mas também de entrevistas semi-estruturadas e realizadas individualmente. Depois de analisar os dados recolhidos, a autora concluiu não só que os 12 alunos participantes encaravam a actividade científica como algo de misterioso, afastada da realidade e muito próxima da ficção, mas também que desconheciam as etapas inerentes à construção do conhecimento científico, considerando que este é inventado pelos cientistas, a partir das experiências que os mesmos fazem. A autora deste trabalho de investigação concluiu, ainda, que a maior parte destas imagens “fictícias” que os alunos perfilham, acerca das Ciências e das características do conhecimento científico, revelam consonância com o que os meios de comunicação social transmitem, em termos de filmes e de desenhos animados.

Ainda no mesmo contexto e com resultados muito semelhantes ao estudo anterior, é a investigação desenvolvida por Reis, Rodrigues & Santos (2006), em duas escolas de Santarém, na qual participaram 48 alunos do 1º ciclo do Ensino Básico, pertencentes a duas turmas, especificamente, dos 2º e 4º anos de escolaridade (24 alunos respeitantes a cada ano). Este estudo tinha como finalidade principal averiguar as concepções que esses alunos perfilhavam, acerca das Ciências, designadamente, no que respeita às características pessoais e profissionais dos cientistas e ainda as origens dessas concepções. Para a concretização do estudo, os autores, ao longo de duas aulas, pediram a cada aluno duas representações, nomeadamente, um desenho legendado e uma composição escrita, onde retratassem um grupo de cientistas numa das suas actividades. Depois de submeterem as representações de cada aluno a uma análise de conteúdo, os autores, na tentativa de clarificar o conteúdo de cada uma delas, realizaram entrevistas semi-estruturadas a alguns alunos (oito alunos). Os resultados obtidos levaram os autores deste estudo a concluir que os alunos intervenientes perfilhavam ideias estereotipadas sobre a actividade científica. Assim, as Ciências eram encaradas como uma actividade excitante, mágica e sensacionalista, desenvolvida pelos cientistas que, por sua vez, eram vistos como inventores, dotados de “poderes” e conhecimentos especiais. Segundo admitem os autores desta investigação, tais concepções adoptadas pelos alunos, acerca dos cientistas e da sua actividade, resultam, na sua maior parte, da influência proveniente dos desenhos animados, dos filmes, dos livros de banda desenhada e dos meios de comunicação social.

Com efeito, e tal como se constatou nos outros dois estudos anteriores (manuais e professores), a maioria dos alunos pertencentes a diferentes níveis de escolaridade e que participaram nos estudos que foram apresentados possuem concepções inadequadas sobre as Ciências e as características do conhecimento científico, algumas vezes, reforçadas pela diversidade de contactos que efectuam, tais como, a escola e/ou os meios de comunicação social. Assim, à excepção de um ou outro caso, a maior parte dos alunos envolvidos nos estudos descritos estão longe de encarar a actividade científica como uma construção social; antes, perspectivam-na de uma forma estereotipada, como sendo uma actividade do mundo do fantástico, “inventada” pelo cientista, desconhecendo, ainda, as etapas fundamentais respeitantes à construção do conhecimento científico.

Em tom de síntese final, podemos afirmar que, apesar de a vertente epistemológica estar, implícita ou explicitamente, presente nos documentos curriculares dos diversos países, incluindo Portugal, sobressaindo, portanto, uma preocupação constante em desenvolver nos alunos uma adequada imagem acerca das Ciências, os resultados dos vários trabalhos de investigação, atrás

apresentados, constituem evidências de uma perspectiva pouco correcta sobre as Ciências, quer a que a maioria dos manuais escolares de Ciências adoptam, quer a que grande parte dos professores e dos alunos de diferentes níveis de ensino (do 1º ciclo ao ensino universitário) perfilham. Assim, tendo em conta as características (descritas em 2.2.1) dessas concepções (ex: empirista-indutivista, experimental-indutivista) adoptadas sobre as Ciências, delinea-se uma tendência para se desvalorizar processos de “fazer” e de “pensar”, nas quais os alunos são colocados em situações de prever, recolher, seleccionar, analisar e concluir que, tendo a ver com a construção do conhecimento científico, são igualmente necessárias às explicações de fenómenos físicos e naturais, em contexto laboratorial, que os alunos devem aprender. Antes, estas perspectivas inadequadas apontam no sentido de que, provavelmente, estes três alicerces do processo educativo (manuais, professores e alunos) revelam predisposição para explicar os fenómenos físicos com base nos dados directamente observáveis, privilegiando a descrição (descrever o que acontece), em vez do recurso a modelos teóricos (estabelecer relações entre as entidades intervenientes), não nos parecendo, portanto, que estejam aptos a recorrer à imprescindível interdependência entre o conhecimento científico e as evidências empíricas (Hodson, 1988; Millar, 1991; Machamer, 1998; Cobern & Loving, 2000).

Atendendo a que as concepções sobre as Ciências, veiculadas pelos manuais escolares e perfilhadas pelos professores e pelos alunos, podem influenciar as práticas lectivas e, por conseguinte, a explicação de fenómenos físicos em contexto de sala de aula (Hodson, 1996; Hodson, 1998a); Mellado, 1998), a questão que se coloca é a de saber se as inadequadas concepções sobre as Ciências e o conhecimento científico se mantêm, nomeadamente, entre os manuais escolares de Ciências, os professores e os próprios alunos. De qualquer forma, não será despropositado termos em conta as sugestões de alguns especialistas (Porlán Ariza, Rivero Garcia & Martín del Pozo, 2000; Bonito, 2005; Leite, 2006) que propõem, como solução que ajude a minimizar a situação, a imprescindibilidade de facultar aos professores formação adequada neste sentido, bem como incluir nos vários níveis de formação dos alunos, a vertente epistemológica (aliás, mencionada nos actuais documentos curriculares).

2.3. Perspectivas acerca da explicação de fenómenos físicos e naturais

A explicação científica é um domínio que tem vindo a merecer atenção por parte da comunidade científica de Educação em Ciências, nomeadamente, no que concerne aos diferentes

aspectos relacionados com a forma como os professores de Ciências lidam com a explicação de fenómenos físicos e naturais, em contexto escolar (Unsworth, 1997; 2001). Tendo em conta a importância que a explicação científica tem no contexto das Ciências, quer, como já se referiu no capítulo anterior, a necessidade de consistência entre a forma como os cientistas produzem uma explicação científica para explicar algo e a forma como ela é recontextualizada e ensinada em contexto escolar (Jiménez-Aleixandre, 1996; 1999; Edgington, 1997; Ogborn, 1994; Ogborn *et al.*, 1997; Leite, 2006), apresentaremos, nesta secção, uma síntese da literatura referente às características de que a explicação científica se revestiu, ao longo dos tempos.

2.3.1. A evolução do conceito de explicação científica

Com o decorrer dos tempos e à medida que se têm processado modificações no que respeita à conceptualização da natureza e das características do conhecimento científico, o que é aceite como sendo uma explicação científica também tem passado por diversas mudanças, nomeadamente, no que respeita à sua estrutura e forma (Halbwachs, 1977). Apoiando-se na ideologia Kuhniana, segundo a qual um paradigma perdura durante determinado período de tempo, sendo substituído por um outro novo, apenas quando o antigo se revelar incapaz de solucionar problemas, considera que numa dada época, caracterizada pelo domínio de determinada comunidade científica e pelos esquemas teóricos por ela elaborados, são aceites determinadas explicações científicas, dominantes, que, na época seguinte, com uma comunidade diferente, darão lugar a outras diferentes.

Segundo Halbwachs (1977), desde a antiguidade até aos nossos dias, podem demarcar-se cinco épocas distintas, no que concerne às características atribuídas pelos filósofos das Ciências às explicações científicas desenvolvidas pela comunidade científica, sendo esses períodos dominados por diferentes tipos de explicação.

- O primeiro período, designado por período pré socrático e do qual faziam parte físicos da antiga Grécia, surge no século VI. a.C. e caracteriza-se pela “explicação de mudanças”. Numa tentativa de explicar a origem do mundo, as reflexões filosóficas e físicas conjugam-se, emergindo explicações que estabeleciam uma articulação entre aspectos não observáveis (alterações/combinções da estrutura molecular da matéria) e aspectos sensíveis aos sentidos (o mundo que nos rodeia e sua diversificação). Para este tipo de explicações Halbwachs

(1977) propunha a designação de explicações batígenas, ou seja, explicações que tinham por base entidades teóricas;

- O segundo período, compreendido entre a Antiguidade Clássica (a partir de Aristóteles), passando pela Idade Média, até ao Renascimento, apresenta como característica principal a utilização de um outro tipo de explicações, especificamente, as explicações homogéneas. Estas explicações apresentam-se como simples descrições dos fenómenos, não estabelecendo relações de causa/efeito, ou seja, descrevem um fenómeno e/ou explicam alterações processadas no universo, sem as atribuírem a uma causa/agente externo. Antes, “responsabilizam” a própria “qualidade de forma” (unidade comum a todos os seres/sistemas) dos fenómenos, pelas modificações neles ocorridas;
- O terceiro período que emergiu com a divulgação dos trabalhos de Décartes, compreende os séculos XVII, XVIII e ainda o início do século XIX. Esta época caracteriza-se pelo recurso a explicações de um outro tipo, designadamente, as explicações heterogéneas ou causais. Numa explicação deste tipo estabelece-se uma relação de causalidade, atribuindo o comportamento de uma parte do universo (efeito) à acção do mundo externo sobre essa parte do universo (causa), ou seja, a causa (“sistema-agente”) produz o efeito (“sistema-paciente”);
- O quarto período abrange o século XIX e caracteriza-se por um tipo de explicação já bastante rico e diversificado, resultante de uma adequada combinação entre as explicações homogéneas (que se ficam pela descrição dos fenómenos) e as explicações heterogéneas (que envolvem relações de causalidade). Acresce ainda o facto de, em finais do século XIX, um franco desenvolvimento das Ciências (associado ao êxito da teoria atómica) servir de suporte ao ressurgimento das explicações batígenas (que têm por base entidades teóricas) que se impõem, universalmente, não obstante a resistência da escola positivista, que se encontrava forte na viragem do século XIX para o século XX;
- O quinto e último período é, já, um período contemporâneo, com início nos princípios do século XX. Pretendendo-se descrever a estrutura interna do universo, surgem, então, as explicações baseadas em modelos teóricos, dotados de um poder explicativo quase universal. Esta forma complexa de explicar os fenómenos incluiu a classificação das entidades elementares (corpúsculos constituintes da matéria), bem como as relações entre elas, passando as leis, acerca dos fenómenos, a traduzir-se por expressões matemáticas.

Actualmente, entre a diversidade de questões que se possa colocar acerca de uma explicação, há pelo menos duas que, habitualmente, sobressaem: o que é que se explica e o que é a explicação (Machamer, 1998). O termo explicação pode, de facto, usufruir de uma multiplicidade de sentidos (Halbwachs, 1977), conforme se trate de explicar assuntos de âmbito social, de âmbito biológico (Machamer, 1998), ou até, conforme considera Halbwachs (1977), assuntos relacionados com situações triviais do dia a dia (ex: explicar uma atitude, explicar uma situação de confusão, explicar um texto, explicar uma ideologia partidária).

Nesta linha de pensamento, Norris *et al.* (2005) admitem que a explicação pode contemplar uma diversidade de funções, designadamente: atribuir, desenvolver ou expandir um determinado significado (tornar compreensível, através da interpretação, determinado termo, conceito ou expressão); dar uma justificação (explicar recorrendo a regras, normas ou valores); fornecer uma descrição (referir *o que* acontece e não *por que* acontece); apresentar uma razão causal (justificar *por que* acontece determinada situação e/ou fenómeno, na base de uma relação de causa/efeito). Porém, segundo a opinião de Gilbert (1999), em qualquer uma das funções que a explicação possa assumir, a sua finalidade é proporcionar uma orientação/um esclarecimento, indo de encontro ao que o interrogador tenha em mente (

Pese embora esta vertente multifacetada, quanto à diversidade de sentidos inerentes ao termo explicação e de funções a ele associados, é, contudo habitual, uma explicação apresentar-se como uma resposta geral a um problema importante que, sendo do domínio da epistemologia, é também respeitante ao conhecimento científico (Halbwachs, 1977). Em alguns casos, uma explicação pode surgir sob a forma de uma resposta a uma pergunta do tipo *porquê* (*por que é que* aconteceu), referindo-se o motivo “responsável” pelo aparecimento de determinado acontecimento e/ou fenómeno (Machamer, 1998). No âmbito da História, a resposta a perguntas deste tipo (*por que é que* aconteceu) surge como uma resposta provável (Barca, 2000), dado reportar-se a acontecimentos e/ou acções no passado do Homem. Em outras situações, designadamente, em Ciências, é possível reproduzir, em laboratório, os fenómenos e saber por que aconteceram. Para além disso, a explicação pode também ser uma resposta a uma pergunta do tipo *como* (Machamer, 1998), articulando, neste caso, o motivo do aparecimento do evento (*por que é que* aconteceu) e a forma como se processou o mecanismo do fenómeno (*como* aconteceu).

De qualquer forma, quer num caso (*por que é que* aconteceu), quer noutro (*como* aconteceu), explicar implica estabelecer relações de causalidade (Newton *et al.*, 2002; Sandoval & Reiser, 2004),

pois, se por um lado, explicar equivale a responder às questões atrás referidas, por outro lado, explicar é também compreender e não apenas constatar (Piaget, 1977). Aliás, esta necessidade de uma explicação envolver relações de causalidade ou de outro tipo (Horwood, 1988), já era sentida pelos primeiros pensadores quando, ao apresentarem descrições explicativas, na tentativa de elaborarem teorias para o universo, estabeleciam relações entre as sensações (obtidas pelos sentidos) provocadas pelos fenómenos/objectos e o conhecimento intelectual (Halbwachs, 1977).

A explicação de um fenómeno não é, portanto, uma mera técnica desarticulada, mas sim um processo metacognitivo, associado à compreensão, no qual o investigador, de forma consciente, junta diferentes “peças” de informação (Horwood, 1988; Trout, 2002). Contudo, a compreensão de uma explicação, apesar de necessária, não é, todavia, condição suficiente para que exista uma boa explicação, pois a aceitação de uma explicação depende também de uma espécie de uma satisfação intelectual que se lhe associa, mais precisamente, de uma componente afectiva (Trout, 2002).

Para a generalidade dos filósofos, a explicação depende de quem explica e do que se explica (Edgington, 1997), podendo surgir na forma de uma lei empírica, de uma teoria geral, de um modelo proveniente de uma teoria ou de princípios gerais derivados de uma estrutura teórica (Millar, Le Maréchal & Tiberghien, 1999). De qualquer forma, leis e teorias são, ambas, produtos e instrumentos das Ciências, sendo a sua compreensão seja fundamental na apreciação do trabalho dos cientistas (McComas, 2004).

No caso específico das explicações científicas, Ogborn (1994) e Ogborn *et al.* (1997) consideram que o que torna uma explicação científica em algo que explica é o facto de ela nos contar/narrar como algo se processa, à semelhança de uma história, mas de forma a que as acções façam sentido no pensamento. Ainda segundo estes especialistas, para que uma explicação científica passe a fazer sentido, necessita de se suportar num mundo de “protagonistas” (independentemente de serem, ou não, reais, devem ser vistos como coisas reais), cujos comportamentos (o que fizeram ou têm capacidade de fazer) dão origem à história, mas que, normalmente, não fazem parte do senso comum.

Neste enquadramento, Norris *et al.* (2005) consideram que as explicações científicas incluem duas vertentes, nomeadamente: as explicações científicas intrínsecas às Ciências, as quais explicam determinado fenómeno natural fazendo, por isso, parte do próprio conhecimento científico (ex: a teoria das tectónica das placas ou da gravitação universal); as explicações científicas extrínsecas às Ciências, destinadas a explicar algo acerca da Ciência e que, por isso, não fazem parte do corpo do

conhecimento científico (ex: como se processou a descoberta do neutrino ou as motivações e as aflições de Galileu, associadas à publicação de uma sua obra).

Na maior parte dos casos, as explicações científicas formulam-se a propósito de mudanças (dos sistemas biológicos, físicos, químicos e/ou sociais) e não de situações estáticas, sendo construídas com o intuito de explicar tipos específicos de fenómenos/acometimentos, ou seja, uma explicação científica é específica para um dado tipo de eventos, não podendo ser generalizada a todos eles (Machamer, 1998). A explicação científica, de um facto ou fenómeno, concretiza-se num conjunto de afirmações verbais ou escritas que os tornam compreensíveis, estabelecendo, para isso, interligações entre o desconhecido e o conhecido, entre o vulgar e o invulgar, entre o incompreendido e o compreendido e fazendo com que os eventos sejam algo esperado e não imprevistos que venham a surpreender (Machamer, 1998).

Entre os membros da comunidade científica, ainda não há um consenso, no que respeita às características de uma boa explicação científica (Edgington, 1997; Ogborn *et al.*, 1997; Trout, 2002), sendo diversos os aspectos em que os vários especialistas se centram. Entre a diversidade de autores que enunciam uma vasta gama de características de uma boa explicação científica, refira-se Schwitzgebel (1999), para quem as boas explicações devem centrar-se na estrutura causal do fenómeno a explicar, tendo por base um conjunto coerente e consistente de factos. Só assim, segundo defende este especialista, as explicações científicas possibilitam, quer a compreensão e a interpretação de determinada questão respeitante a um fenómeno, quer a compreensão de outras questões que sobre ele venham a surgir, em outras condições.

Ainda neste contexto e de acordo com a perspectiva de outros especialistas (Gilbert, 1999), as boas explicações, independentemente da origem e funções que assumem, devem apresentar-se:

- Simples (organizar uma diversidade de fenómenos).
- Abrangentes (aplicar-se a uma vasta série de dados).
- Exactas (revelar concordância com os dados conhecidos).
- Consistentes (quanto a si própria e em relação a outras explicações).
- Produtivas (facultar a procura e a obtenção de novos resultados).
- Apropriadas (ir de encontro ao que o questionador tem em mente).

Todavia, ainda que as opiniões divirjam e os especialistas não apresentem uma definição única para uma boa explicação, há, no entanto, alguns aspectos enquadrados nesta complementaridade que, gozando de concordância entre alguns investigadores (Hodson, 1988; Ogborn, 1994; Driver *et al.*, 1997; Wellington, 1998; Sandoval & Reiser, 2004), podem servir de orientação na caracterização das explicações científicas. Contam-se, entre esses aspectos, o facto de as referidas explicações não derivarem de um processo indutivo que tenha a observação como ponto de partida, mas sim, resultarem de um processo que tem por base uma estrutura teórica (leis e/ou teorias), orientadora das etapas necessárias à construção da explicação (previsões, obtenção de dados e inferências).

Todavia, verifica-se alguma controvérsia quanto ao modo de representar a inter-relação entre teoria e dados (Tytler, Duggan & Gott, 2001), pois, apesar da articulação entre ambos, há também a considerar que o suporte que a evidência concede à teoria não constitui uma relação totalmente lógica (Laudan, 1996). Acresce que, segundo Machamer (1998), os resultados duma observação ou de uma actividade laboratorial nem sempre podem ser tomados como evidências de uma teoria, na medida em que as próprias teorias restringem o que vai ser observado. Para que uma teoria seja suportada pela evidência, a teoria deve apresentar-se consistente com a evidência, ligada à evidência e explicar essa mesma evidência (Laudan, 1996). Neste processo, torna-se imprescindível a articulação entre a observação, da qual resultam dados, e a teoria, da qual resultam modelos ou conceitos (Hogarth *et al.*, 2005) que permitem, entre outros, seleccionar os dados que constituem evidência de algo.

Ainda que as leis e/ou as teorias sirvam de base à construção das explicações científicas, elas são, apenas, explicações provisórias, pois, quando os resultados da análise dos dados se revelam contraditórios com as previsões iniciais ou surgem novas evidências ou novos desenvolvimentos teóricos, as explicações, anteriormente propostas, são novamente revistas (Wellington, 1998; Lawrence & Pallrand, 2000). Assim sendo, toda a estrutura teórica que constitui o suporte de uma explicação científica e de todo o processo a ela conducente, não é determinada/confirmada pelos dados/resultados experimentais, nem deriva deles indutivamente, mas sim suportada (ou não) por eles, podendo, através dos mesmos, ser falseada e, portanto, susceptível de alterações e/ou rejeições (Hodson, 1988; Wellington, 1998).

Muitos dos fenómenos são, de facto, difíceis de explicar, na medida em que a compreensão das suas causas requer não só habilidades e técnicas observacionais, mas também habilidades intelectuais (Baird, 1995). Assim sendo, para encontrar respostas às perguntas sobre os diversos fenómenos que nos rodeiam ou para testar as explicações que se vão construindo, a comunidade

científica recorre a diferentes processos e estratégias de investigação, nomeadamente, a diversas formas de usar as teorias e os modelos, de executar as actividades experimentais, de recolher e interpretar os dados e de avaliar e relacionar os dados experimentais com as teorias (Guillon & Sérè, 2002; Sandoval & Reiser, 2004). Os conhecimentos conceptuais, os conhecimentos procedimentais e os conhecimentos sobre estratégias de resolução de problemas são usados pelos cientistas para planificar actividades experimentais (Hodson, 1998b)) que, por sua vez, podem conduzir a alterações nas teorias (Hodson, 1988), conforme já se referiu. Neste contexto “experimental”, os dados, uma vez recolhidos e analisados, podem permitir obter uma resposta à questão inicial, e, portanto, à construção de novas explicações, ou de apoio às explicações previamente e provisoriamente formuladas (Wellington, 1998).

Não obstante a existência de um conjunto de aspectos, inerentes à construção de uma explicação científica e que gozam de consenso no seio da comunidade científica, existe, conforme já se referiu, uma grande diferença entre explicar algo, habitualmente respeitante à investigação, e explicar algo a alguém, habitualmente respeitante às salas de aula (Horwood, 1988; Ogborn 1994; Ogborn *et al.*, 1997). No que respeita à construção de novo conhecimento científico, normalmente a cargo dos cientistas, estes têm como tarefa principal conseguir uma explicação adequada dos acontecimentos, o mais completa possível (deduzida a partir da teoria), ainda que o conhecimento científico seja, simplesmente, uma interpretação temporária, estando sujeito a modificações (Hodson, 1988).

Os cientistas trabalham integrados numa comunidade ou instituição científica, a qual se situa num determinado contexto social, cultural, histórico e político, que determina os seus métodos de trabalho, os quais, normalmente, envolvem conhecimento pessoal, e não apenas um método algorítmico (Wellington, 1998). Contudo, os cientistas não têm conhecimento da explicação produzida por um cientista ou grupo de cientistas, até ao momento em que um deles a constrói e a mesma passe a ter aceitação no seio da comunidade científica. Por outro lado, quem cria uma explicação, e dado que em Ciências é crucial a publicação dos “achados experimentais” (Hart *et al.*, 2000; González Garcia & Jiménez Liso, 2005), preocupa-se em torná-la coerente, assim como em ser expressivo e claro na sua divulgação, sem, contudo, ter a preocupação (aliás, não é essa a sua tarefa) de verificar se todos compreenderam (ou não) o seu trabalho (Horwood, 1988).

As explicações científicas, acerca de um mesmo fenómeno, podem ter diferentes níveis de complexidade, caracterizados pelo tipo de raciocínio que envolvem (Driver, 1995) e, por isso, corresponder a diferentes formas de explicar, em termos de conteúdo (Kang & Wallace, 2004). A este

respeito, alguns investigadores (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998) realçam a existência de uma relação entre uma questão formulada e a explicação elaborada, relação esta que permite elaborar uma tipologia respeitante às explicações científicas acerca de um fenómeno natural. Estes especialistas apoiam a tipologia de explicações apresentada por Martin (1972), que inclui cinco tipos de explicação (tipos um, dois, três, quatro e cinco) que têm a ver com os vários significados que uma explicação pode contemplar. No entanto, sugerem uma tipologia de explicações científicas que, tendo em conta o tipo de questões a que um dado tipo de explicação permite responder, também integra cinco tipos de explicação, consonantes com os de Martin (1972), especificamente: intencional, descritivo, interpretativo, causal e preditivo, os quais apresentam as seguintes características:

- Explicações do tipo intencional: justificam a finalidade/relevância da investigação a desenvolver, pela comunidade científica, acerca de um fenómeno físico ou de um aspecto a ele inerente, ou seja, apresentam a intenção subjacente a determinado trabalho de investigação. As explicações deste tipo permitem responder à questão: *Com que finalidade se investiga determinado fenómeno?*
- Explicações do tipo descritivo: fornecem, apenas, o relato do comportamento do fenómeno, após a constatação do mesmo, feita através da execução da actividade experimental. Somente se descreve o que acontece, sem se apresentar os motivos “responsáveis” pela ocorrência do fenómeno. Assim, a explicação descritiva fornece uma resposta à questão: *Como se comporta o fenómeno?*
- Explicações do tipo interpretativo: centram-se na interpretação da estrutura física do fenómeno, ou seja, explicam em que consiste o fenómeno, fazendo referência às entidades intervenientes e respectiva distribuição espacial e temporal. A explicação interpretativa pode aplicar-se a um conjunto de fenómenos semelhantes e constitui uma espécie de uma resposta à seguinte questão: *Que entidades constituem/intervêm no fenómeno?*
- Explicações do tipo causal: são elaboradas com base numa relação de causalidade, ou seja, explica-se o mecanismo do fenómeno, estabelecendo-se uma relação de causa-efeito, entre as entidades envolvidas e causadoras do fenómeno em questão. Explicitam, portanto, o porquê (as causas) do fenómeno (efeito produzido). A questão que está subjacente a este tipo de explicação é: *Por que se comporta desta forma o fenómeno?*

- Explicações do tipo preditivo: permitem que, com o conhecimento do comportamento do fenómeno, sob determinadas condições, se faça uma previsão antecipada do que acontecerá em circunstâncias desconhecidas, previsão essa que é passível de ser experimentalmente testada. No caso deste tipo de explicações, a questão para a qual se procura resposta é a seguinte: *Como se comportará* o fenómeno caso venha a ser submetido a determinadas condições?

Segundo Gilbert, Boulter & Rutherford (1998), a semelhança desta tipologia de explicações com a que Martin (1972) sugere, permite estabelecer um certo paralelismo entre os tipos de explicações incluídos em ambas, designadamente:

- Tipo um: clarificação do significado de palavras e/ou frases que relatam/descrevem o fenómeno (explicação descritiva);
- Tipo dois: justificação de acções e/ou comportamentos (explicação intencional)
- Tipo três: relação de causalidade respeitante a determinado fenómeno e dedução sobre futuros fenómenos (explicação causal e explicação preditiva);
- Tipo quatro: apelo à teoria a partir da qual se pode formular uma lei (explicação interpretativa);
- Tipo cinco: explicar o funcionamento de algo (por ex: órgão e/ou instituição) pela atribuição de funções. Este tipo de explicações, incluído na tipologia sugerida por Martin (1972), não corresponde a nenhum dos tipos propostos por Gilbert, Boulter & Rutherford (1998).

Em qualquer uma destas tipologias de explicação científica, as explicações descritivas são consideradas, pelos autores dessas tipologias, como o primeiro nível/patamar (o mais simples, em termos de raciocínio) e que funciona como pré-requisito na elaboração de explicações dos outros tipos, acerca de um determinado fenómeno.

Igualmente relevante no trabalho dos cientistas, e digno de referência, é a dificuldade com que os mesmos se deparam, face ao aparecimento de uma outra explicação que lhes surge como, “melhor” do que as já existentes. Nestes casos, há algumas regras a respeitar pela comunidade científica com vista à aceitação da nova ideia. Ela deve revelar-se mais parcimoniosa, mais coerente e ser mais capaz quer de explicar o que já é conhecido, quer de prever alguns resultados ainda

desconhecidos. As preferidas serão, naturalmente, as ideias que revelarem maiores potencialidades de explicação e de previsão (Carr *et al.*, 1995).

Generalizando, pode considerar-se que em relação à forma como se produz o conhecimento científico, os cientistas realizam investigação científica para desenvolver teorias, visando, fundamentalmente, o melhoramento dessas teorias sobre o mundo (físico e natural) e a possibilidade de prever fenómenos diferentes e de fornecer explicações até aí desconhecidas (Chalmers, 1994). Sendo assim, o trabalho dos cientistas pode ser considerado, por um lado, como uma actividade que pode ser transmitida/ensinada, implícita ou explicitamente, o que requer a sua conversão em “conhecimento escolar” (Blanco López, 2004) e, por outro lado, como conduzindo a conhecimento que pode ser levado para a escola, de modo a que os alunos aprendam não só as explicações científicas, mas também os processos pelos quais os cientistas usam o conhecimento disponível para a elaboração de explicações sobre os fenómenos (Leach, 1998; Taylor, 2001; Sandoval & Reiser, 2004). Então, há aspectos relacionados com a explicação científica de que os professores de Ciências devem estar cientes, tornando-se imprescindível que os mesmos, não só tenham conhecimento de aspectos relativos à natureza das Ciências (finalidades, métodos, natureza e processos de construção do conhecimento científico), mas também da forma como o facultam aos alunos.

2.3.2. A explicação de fenómenos físicos e naturais e o processo de ensino e aprendizagem

Funcionando como uma importante finalidade das Ciências (Edgington, 1997), a explicação científica apresenta-se, também, como o núcleo da educação em Ciências (Baird, 1995; Unsworth, 1997; 2001). Assim, a capacidade de explicar algo aos alunos, facilitando-lhes a tarefa de aprendizagem das explicações científicas, quer explicando-lhes as explicações científicas, quer ajudando-os no processo de (re)construção das mesmas, é vista por alguns especialistas como uma das maiores artes do processo de ensino (Wellington, 2000; Wellington & Osborne, 2001) e como parte integrante do trabalho de um professor de Ciências (Ogborn, 1994; Ogborn *et al.*, 1997).

Por outro lado, há ainda que ter em conta que o contexto escolar, ao impor ao aluno uma certa necessidade de um certo conhecimento, gera diferença entre o conhecimento que o aluno já possui, o conhecimento que, de acordo com o currículo tem de possuir e, ainda, o conhecimento que ele próprio quer possuir, cabendo ao professor a tarefa de minimizar estas diferenças (Ogborn *et al.*, 1997), a fim

de que ele se aproxime, o mais possível, do conhecimento curricular escolar (Leite, 2006). Então, o acto de explicar algo a alguém exige que os professores possuam habilidade e técnica suficientes, para que os alunos compreendam e adoptem as explicações científicas, vindas dos cientistas (Wellington, 2000).

Em situações do dia a dia, as explicações surgem, usualmente, a partir de um pedido de informação, por parte do explicando. No processo de ensino e de aprendizagem, a situação revela-se bem diferente, pois, alguém decide que algo deve ser ensinado e aprendido e é esse algo que o professor precisa conseguir que os alunos aprendam, sem deturpações (Wellington, 2000). Por outro lado, enquanto que as explicações no quotidiano envolvem entidades familiares aos alunos, originando algo que também lhes é familiar, as explicações científicas recorrem a entidades desconhecidas das quais deriva algo também desconhecido para o aluno (Ogborn *et al.*, 1997). Enquanto que o cientista não dispõe, antecipadamente, das explicações para os fenómenos que estuda, ao nível da sala de aula, os elementos precisos para analisar o fenómeno observado e/ou efectuar previsões acerca do mesmo fazem parte de teorias ou modelos teóricos que são do conhecimento do explicador (Ogborn *et al.*, 1997), ou seja, do professor.

Para além disso, no contexto das ciências físicas e naturais, estando a explicação científica associada à compreensão e à interpretação dos fenómenos físicos e naturais (Schwitzgebel, 1999), o professor deve ter a preocupação de tornar essa explicação compreensível ao explicando, neste caso, o aluno (Horwood, 1988), enquanto que o cientista não tem que se preocupar muito com a compreensão, por terceiros, das explicações que constrói. No entanto, a relevância da explicação da explicação científica vai para além de “simples” aprendizagem dos assuntos pelos alunos, residindo, também, no desenvolvimento de atitudes positivas e de comportamentos produtivos nos alunos, que lhes permitam compreender e ser capazes de explicar por que razão as coisas acontecem (Baird, 1995).

A complexidade de explicar o conhecimento científico aos alunos exige que os professores, nas aulas de Ciências, enquanto facilitadores do processo de aprendizagem desse conhecimento, sejam cuidadosos na exactidão com que os facultam aos alunos (Dagher & Cossman, 1992), o que pressupõe que possuam não só uma compreensão científica dos conceitos a explicar (Kikas, 2004), mas também dos métodos e processos inerentes às Ciências (Taylor, 2001; Taylor & Dana, 2003). Infelizmente, nem sempre se usa da exactidão e cautela que a situação requer, ficando, na maior parte

dos casos, o nível e a complexidade da explicação ensinada dependente do conhecimento pedagógico do conteúdo, de que é portador aquele que explica (Carr *et al.*, 1995).

Dada a novidade da explicação científica para os alunos, uma boa explicação da explicação científica implica, por vezes, que os professores arranjam um vasto “repertório” de formas de representar e/ou formular as ideias científicas, a fim de que estas se tornem compreensivas aos alunos (Wellington, 2000). Assim, frequentemente, recorrem às demonstrações, às actividades laboratoriais e às exposições teóricas dos assuntos (Ogborn *et al.*, 1997) e, ainda, às ilustrações, aos modelos e às analogias (Wellington & Osborne, 2001), para comparar situações desconhecidas com situações já familiares ao aluno. Todavia, corre-se sempre o risco de estes recursos comportarem algumas limitações (Wellington, 2000) e poderem, por exemplo, originar concepções deturpadas na explicação dos fenómenos naturais (Kikas, 2004).

As explicações científicas são também, frequentemente, explicadas aos alunos, através de textos escritos de Ciências, nomeadamente, textos narrativos (Norris *et al.*, 2005) e/ou textos expositivos (Campanário & Otero, 2000), em que a capacidade de os ler e interpretar é imprescindível ao desenvolvimento da literacia científica (Wellington & Osborne, 2001). Quanto aos primeiros (textos narrativos), para que possam ser usados, de forma útil, no ensino das Ciências, mais precisamente, na formulação das ideias científicas, deverão apresentar uma estrutura que conjugue as características respeitantes quer à explicação científica, quer ao texto narrativo (Norris *et al.*, 2005). Assim, uma explicação científica apresentada em texto narrativo, acerca de um fenómeno, deverá incluir uma sequência de diferentes eventos que, relacionados com esse fenómeno principal, se interligam entre si, numa relação de causa-efeito, ou seja, os efeitos produzidos pelos eventos que vão sucedendo primeiro (mais “antigos”) constituem a(s) causa(s) dos eventos que se vão seguindo a esses (os mais “recentes”), e assim, sucessivamente, resultando um efeito final: o fenómeno principal a que respeitam. Quanto ao segundo tipo de texto de Ciências (textos expositivos), há dois aspectos a ter em conta aquando da sua elaboração, designadamente: o produto, ou seja, o resultado do processamento do texto e que inclui diferentes níveis de representação na memória; os processos que têm a ver com a compreensão do texto de Ciências e que se articulam, em simultâneo, com a informação do texto e com os conhecimentos do leitor. Integrado no primeiro aspecto (o produto), podem considerar-se cinco possíveis tipos de estrutura dos textos expositivos, que Campanário & Otero (2000) apresentam, nomeadamente: i) descrição: inclui informação acerca das características de determinada ideia (atributos, especificidades, esclarecimentos); ii) colecção: relaciona ideias e/ou acontecimentos que

apresentem características semelhantes; iii) causalidade: estabelece uma relação causal entre elementos e/ou assuntos; iv) resposta: interrelaciona uma questão e/ou um problema com a conclusão; v) comparação: analisa as semelhanças e diferenças entre dois ou mais assuntos. Estes cinco possíveis tipos de estruturas, inerentes à organização de um texto expositivo de Ciências e que têm a ver, propriamente, com o significado e as ideias do próprio texto e, por conseguinte, com a informação a extrair, apresentam diferentes graus de complexidade. Assim, enquanto que os dois primeiros tipos de estrutura (a descrição e a colecção) são os tipos mais simples e, por isso, os que apresentam uma estrutura menos complexa, nos restantes três tipos (a causalidade, a resposta e a comparação) a estrutura organizativa apresenta-se bastante mais complexa.

Entre os diversos níveis de complexidade que as explicações científicas podem ter, a descrição é considerada, por alguns investigadores (Martin, 1972; Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998), como o nível mais baixo e, por isso, a menos complexa, em termos de raciocínio. Porém, o uso que, frequentemente, é feito do termo explicação, não permite diferenciá-los, distinguindo a explicação da descrição. Uma compreensão da descrição e da explicação permite constatar que, apesar de ambas contribuírem para a compreensão do mundo, descrever apenas inclui “peças” isoladas de informação (Unsworth, 2001), enquanto que a explicação envolve pensamento teórico (Cobern & Loving, 2000), bem como relações de causalidade (ou de outro tipo), entre essas “peças” (Horwood, 1988; Sandoval & Reiser, 2004), conforme já foi referenciado, anteriormente. Na maior parte das situações, e no caso específico dos professores, a descrição e a explicação são, efectivamente, usadas de forma indistinta e confusa (Horwood, 1988; Unsworth, 1997; Newton *et al.*, 2002), persistindo e inculcando nos alunos a ideia distorcida da existência de uma única descrição e/ou explicação correcta acerca de um dado fenómeno ou de uma única definição para determinado conceito (Carr *et al.*, 1995). Deste modo, a explicação da explicação científica surge associada à observação, considerada independente da teoria, o que reflecte, implicitamente, informações acerca da natureza das Ciências e reforça uma imagem do professor como individualidade experiente e conhecedora uma imagem do aluno como aprendiz passivo.

Neste enquadramento, um dos cuidados a ter aquando da “construção” de uma explicação, em sala de aula, é a colocação das questões (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998). Se é verdade que determinados tipos de questões (porque achas que ...?; onde achas que ...?; como explicas que ...?) induzem os alunos a dar explicações pessoais acerca do que estão a observar, as quais podem afastar-se das explicações científicas (Pujol, 1994), não é menos verdade que da questão colocada depende,

implícita ou explicitamente, a resposta que se obtém, por parte do aluno (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998).

Se antecipar o tipo de explicação em função da questão colocada requer cautela e atenção, reconhecer a adequação da explicação ao contexto e às circunstâncias em que surge, é, igualmente, uma vertente que exige cuidado (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998). De acordo com a argumentação destes autores, essa adequação, quer no que respeita à explicação científica (trabalho dos cientistas), quer no que se refere à explicação da explicação (trabalho dos professores), pode avaliar-se em função de quatro critérios, nomeadamente:

- Plausibilidade (ajustar-se ao problema já conhecido e a um outro que possa vir a surgir);
- Economia (envolver apenas os conceitos necessários);
- Generalização (ser aplicável ao maior número possível de contextos);
- Produtividade (alicerçar-se no maior número de previsões que possam ser testadas pela experimentação).

Para Gilbert (1999), a natureza e a qualidade da explicação, bem como os modelos utilizados na explicação (concretos, visuais, verbais ou simbólicos) constituem critérios a ter em conta na avaliação de uma explicação. Para este autor, uma explicação será uma boa explicação caso vá de encontro às necessidades do interrogador, podendo os modelos facilitar a satisfação dessas necessidades. Por sua vez, Ogborn *et al.* (1997) acentuam a importância da linguagem usada aquando do ensino de uma explicação, na sala de aula, face à complexidade inerente ao acto de explicar a explicação científica, nas aulas de ciências. Para aqueles autores, a linguagem usada tem a ver mais do que com a mera classificação de uma explicação em “boa” ou “má” explicação. Efectivamente, ela constitui um meio de conseguirmos pensar em aspectos, tais como: quando e porque são necessárias as explicações; que processos envolve a sua construção; de que forma as explicações transformam o conhecimento e que diferentes tipos de estratégias existem para ensinar a construção das explicações (Ogborn 1994; Ogborn *et al.*, 1997).

No parecer destes autores, explicar ciências aos alunos deve contemplar três dimensões básicas, nomeadamente: semelhança de uma explicação científica com uma história (inclui uma série de protagonistas cujo comportamento origina a história); divisão do acto de explicar algo a alguém (neste caso, aos alunos) em quatro fases (criação de diferenças, construção de entidades,

transformação do conhecimento e atribuição de significado ao assunto) e diversificação dos tipos de explicação. Pese embora a complexidade do acto, aprender a explicar algo aos alunos é uma aprendizagem que se vai desenvolvendo com a experiência, dado que não existe nenhuma teoria específica na qual se possam incluir directrizes sobre diferentes formas de ensinar explicações, nem tão pouco uma linguagem comum, relativa ao processo de explicar a explicação científica aos alunos (Ogborn *et al.*, 1997).

Assim, de forma resumida e no que respeita ao modo como o conhecimento científico é recontextualizado e ensinado aos alunos (explicar algo a alguém, específico do contexto escolar), tornando-lhes acessível algo que não compreendiam ou que desconheciam (Horwood, 1988; Wellington, 2000), pode afirmar-se que deve ter-se em conta alguns princípios, nomeadamente: a audiência a que se destina (Solomon, 1995) e o contexto e as circunstâncias em que ocorre (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998) e a interacção que se estabelece entre explicador e explicado (Ogborn, 1994).

Assim sendo, a questão que se coloca é a de saber que estratégias e/ou recursos se podem usar nas aulas de Ciências, de forma a contribuir para a aprendizagem das explicações científicas, pelos alunos.

A - A aprendizagem das explicações científicas e as actividades laboratoriais

Quando se pretende ensinar Ciências aos alunos, não apenas para que estes aprendam as explicações elaboradas previamente pelos cientistas, mas também para que tomem conhecimento da forma como os cientistas produzem o conhecimento científico (Leite, 2006), não basta criar condições para que os alunos aprendam as explicações cientificamente aceites, mas antes, é preciso facultar-lhes oportunidades que lhes permitam conhecer e vivenciar a prática da investigação científica (Millar & Osborne, 1998; Lawrence & Pallrand, 2000; O'Neill & Polman, 2004; Sadler, 2004; Bennett *et al.*, 2005; Sandoval & Reiser, 2004; Hogarth *et al.*, 2005). Segundo a opinião da generalidade destes especialistas, essa vivência pode ser concretizada se proporcionarmos aos alunos a realização de actividades a partir das quais eles tenham de explicar tanto a previsão do que pensam que acontecerá em determinada situação, como o que, efectivamente, ocorre, quando o fenómeno acontece. Este procedimento pode, ainda, conduzir a uma reformulação da explicação inicial, caso as observações efectuadas não suportem a explicação elaborada na fase de previsão.

Consequentemente, uma das melhores formas de, na sala de aula, ensinar como trabalham os cientistas consiste em proporcionar, aos alunos, situações de aprendizagem que não contemplem, somente, lidar com conceitos e modelos, mas também a prática do trabalho científico (Millar & Osborne, 1998; DeBoer, 2000; Taylor, 2001; Taylor & Dana, 2003; O'Neill & Polman, 2004), ou seja, a realização de pequenas investigações. Isto significa resolver problemas, nomeadamente, no laboratório, os quais, embora sendo já do conhecimento da comunidade científica, não são, contudo, conhecidos para os alunos. Desta forma, podem os alunos passar pelas diversas etapas inerentes ao trabalho do cientista, tais como: (re)formular o problema, observar, recolher, tratar e organizar dados, seleccionar evidências, argumentar e concluir (De Pro Bueno, 2000; Leite, 2001; Sandoval & Reiser, 2004; Hogarth *et al.*, 2005). Esta diversidade de etapas contempla as três dimensões da Educação em Ciências, preconizadas por Hodson (1996; 1998a)), e às quais já nos referimos no capítulo anterior: aprender Ciências, aprender a fazer Ciências e aprender sobre as Ciências.

Na concretização de tais finalidades, designadamente, no que respeita a facultar aos alunos uma equilibrada Educação em Ciências (Hodson, 1996; Ramón Grau, 1994) que envolva, não só os conteúdos, mas também os processos que a eles conduzem e, ainda, a natureza desses conceitos e do processo que a eles conduz, pode ser usado o trabalho de laboratório, uma vez que ele pode desenvolver um vasto leque de atitudes relevantes, não só do ponto de vista da educação científica, mas também do ponto de vista educacional (desde a planificação de actividades à interpretação dos resultados). Na verdade, o trabalho laboratorial pode permitir desenvolver nos alunos uma variedade de competências (Leite, 2001; Vieira & Vieira, 2006) que têm a ver com aquelas três dimensões da Educação em Ciências (Lawrence & Pallrand, 2000; Zion *et al.*, 2004; Séré *et al.*, 2005) e, entre as quais, se contam a promoção da capacidade de os alunos explicarem e lidarem com dados e evidências, competências estas que são imprescindíveis à compreensão e à (re)construção das explicações científicas, bem como à compreensão da natureza do conhecimento científico e do modo como se desenvolve.

Contudo, apesar da natureza polivalente da componente laboratorial (De Pro Bueno, 2000; Almeida, 2005a); Caamaño & Corominas, 2005; Séré *et al.*, 2005; Vieira & Vieira, 2006), adequada à aprendizagem da explicação de fenómenos físicos e naturais, bem como ao desenvolvimento de competências relacionadas com a recolha de dados e a selecção e utilização de evidências, há, contudo, um aspecto crucial para que as actividades laboratoriais sejam rentáveis, no que respeita à aprendizagem quer do conhecimento conceptual, quer do conhecimento procedimental. Esse aspecto

tem a ver com inter-relação entre os dados, as evidências e as conclusões e, mais concretamente, com a existência de dados que constituam evidências das conclusões a elaborar (Cobern & Loving, 2000; Leite, 2006). Na verdade, a execução de actividades laboratoriais que sejam, apenas, direccionadas para a manipulação de materiais e equipamentos, não bastará para uma efectiva aprendizagem de conceitos científicos, uma vez que as actividades laboratoriais mostram “o que acontece”, situação que requer observação, mas não mostram “por que acontece”. Esta última situação requer a realização de análise e selecção e abstracção sobre os dados recolhidos na observação (Woolnough & Allsop, 1985; Wellington, 1998; 2000).

No início do século XX, já Ernst Mach (1908) considerava que na sociedade, os problemas surgidos e a necessidade de os solucionar exigiam a articulação e o contacto permanente entre a vertente técnica, que inicialmente orienta a acção humana e a vertente intelectual que, a pouco e pouco, vai tomando o lugar daquela. Efectivamente, tratando-se de levar o aluno a trabalhar como um cientista, é imprescindível a conjugação entre o manipular, associado às “mãos”, e o compreender, relacionado com o “pensamento”, (Woolnough, 1991; Watt, 1998; Wellington, 1998; 2000; Leach, 2002; O’Neill & Polman, 2004), ou seja, entre a aquisição e/ou o aperfeiçoamento de uma série de técnicas e habilidades laboratoriais e o desenvolvimento dos aspectos respeitantes à resolução de problemas (planificar, interpretar, avaliar resultados), aliás, imprescindíveis na elaboração de uma explicação (Baird, 1995; Ball, 1999).

Deste modo, no que respeita à aprendizagem quer do conhecimento científico, quer dos processos usados pelos cientistas no trabalho empírico, torna-se necessário tirar o máximo partido das actividades laboratoriais, o que implica envolver o aluno na compreensão da natureza dos dados empíricos, na natureza das finalidades do conhecimento científico, nos processos pelos quais se constrói o conhecimento científico e, ainda, nas finalidades de utilização de técnicas, procedimentos e equipamentos (Leach; 2002). Para isso, os alunos devem despender algum tempo na interacção com as ideias (Gunstone, 1991; Millar, 1991) e desenvolver a compreensão e a reflexão necessárias à compreensão da inter-relação entre os dados, as evidências e as conclusões (Sadler, 2004; Hogarth *et al.*, 2005; Leite, 2006), uma vez que nesta inter-relação incluem-se a testagem das previsões e as conclusões suportadas pelos dados (Millar, Le Maréchal & Tiberghien, 1999; Cobern & Loving, 2000; Bennett *et al.*, 2005; Hogarth *et al.*, 2005).

Assim sendo, será de considerar que as actividades laboratoriais utilizadas nas aulas de Ciências devem fornecer evidências que suportem as explicações específicas construídas pelos

cientistas para os fenómenos naturais (explicação de algo), assim como fornecer dados que, analisados e interpretados, constituam evidências de um certo fenómeno e levem à explicação de algo, até então sem explicação (Leite & Figueiroa, 2002). Porém, há que ter em consideração que existe todo um conjunto de conhecimentos e ideias que sustentam a recolha, análise e interpretação de dados e que deverão ser entendidas antes de se encontrar e lidar com a evidência científica (Gott & Duggan, 1998). Deste modo, na prática do ensino das Ciências, torna-se necessário uma rigorosa atenção, centrada na inter-relação de toda a estrutura teórica com a componente prática, ou seja, na inter-relação entre experimentação e teoria: as experiências estão presentes na construção de uma teoria e esta, por sua vez, determina o tipo de experiências a serem executadas com vista à obtenção de dados sujeitos a interpretação (Hodson, 1998b)).

A este respeito, parece importante, do ponto de vista pedagógico, as previsões prévias, acerca dos fenómenos a abordar nas aulas, pois, a antecipação de hipóteses explicativas auxilia na procura da explicação e no estabelecimento de relações causais/explicativas a serem testadas quanto à sua veracidade ou falsidade, através da experimentação (Gott & Duggan, 1998). Solicitando-se aos alunos a formulação de previsões que, associadas à componente laboratorial, podem vir a ser confirmadas ou rejeitadas, sendo, posteriormente, seguidas de questões pedindo explicações, elas podem constituir um forte incentivo à promoção da aprendizagem, sobretudo, no que respeita aos mais elevados níveis de pensamento, passando a ser algo mais do que meras adivinhas ou conjecturas (Wellington, 2000).

As actividades do tipo prevê-observa-explica-reflecte podem auxiliar na (re)construção e/ou no desenvolvimento da explicação científica acerca de fenómenos naturais (Gunstone, 1991; Leite, 2001). Na verdade, se atendermos ao facto de que a adopção prévia de uma ideia pode levar os alunos a rejeitar observações/resultados que se revelem inconsistentes com essa ideia por eles aceite (Hodson, 1988; Kuhn, 1989), então, este tipo de actividades facultam-nos uma visão não só da evolução das ideias do aluno, mas também da evolução das previsões iniciais para a explicação cientificamente aceite, devido às características estruturais de que se revestem: o aluno prevê, explica, planifica, observa, interpreta e conclui, estando a argumentação presente em todas as etapas. Possibilitando aos alunos uma actividade conceptual bastante intensa (Millar, 1991; Leite, 2001; Silva, 2006; Vieira & Vieira, 2006), este tipo de actividades permite estabelecer uma articulação entre acção e pensamento, necessária à formulação de uma explicação (Ball, 1999; Baird, 1995). Assim, o aluno começa por prever e fundamentar as suas previsões acerca de um dado acontecimento ou fenómeno, explicitando as suas ideias e explicações prévias; observando o fenómeno ou acontecimento, pode testar as suas

previsões, comparando-as com os resultados obtidos; no caso de os resultados obtidos contrariarem a explicação elaborada aquando da previsão ou não serem totalmente compatíveis com ela, haverá necessidade de construir uma nova explicação ou de a desenvolver um pouco mais.

B - As actividades laboratoriais e a inter-relação dados/evidências/conclusões

Conforme já foi referido, na secção anterior, é essencial, no processo de construção da explicação científica de fenómenos físicos e naturais, é essencial quer a interacção entre ideias e procedimentos (Baird, 1995), quer a inter-relação entre a teoria e os dados e as evidências (Cobern & Loving, 2000; Bennett *et al.*, 2005; Sandoval & Reiser, 2004; Hogarth *et al.*, 2005), nomeadamente, no que respeita à existência de dados que constituam evidências das conclusões a elaborar (Cobern & Loving, 2000; Leite, 2006).

Todavia, através dos tempos, ainda que com maior notoriedade a partir da década de 60 (Millar & Osborne, 1998; Wellington, 1998; Zion *et al.*, 2004), várias têm sido as alterações ocorridas na conceptualização das Ciências (DeBoer, 2000). Assim, ao longo de todo o século XX, tem sido possível identificar duas perspectivas resultantes da análise das teorias científicas, consideradas como portadoras de um enorme significado epistemológico (Laudan, 1996), designadamente:

- O período compreendido entre os anos 20 e os anos 40, marcado pela defesa do princípio da equivalência empírica, especificamente, entre uma teoria bem sucedida e outras teorias empiricamente equivalentes (teorias rivais): face a uma dada teoria, há sempre a admitir a existência de outras teorias competitivas, uma vez que, cada teoria vigora enquanto as evidências forem suficientemente válidas e credíveis para que seja aceite;
- O período relativo às décadas de 40/50, caracterizado pelo carácter não definitivo atribuído à escolha das teorias: todas as teorias relativas ao conhecimento científico, anteriormente construídas com base no pressuposto de que os resultados (as evidências) eram seguros e completos, revestem-se, agora, de uma certa temporalidade, sem um carácter de segurança definitiva, passando as evidências a não se revelarem tão suficientes e seguras, como acontecia no período anterior.

A partir da década de 60, sobressaem três movimentos fundamentais, no domínio das Ciências, caracterizados por diferentes atitudes, relativamente à componente laboratorial, ao colocarem a tónica, respectivamente:

- Na descoberta, devendo apresentar-se, aos alunos, a observação independente da teoria e como ponto de partida para a formulação de leis, resultantes, por sua vez, de um processo indutivo;
- Nos processos das Ciências, devendo apresentar-se, aos alunos, a observação, a inferência e a previsão independentes do conhecimento inicial, sobretudo das leis e teorias;
- Na implementação, em sala de aula, de um modelo rígido de trabalho laboratorial que confere pouco ênfase às variáveis e respectivo controlo e acentuada valorização à evidência e respectiva análise (Wellington, 1998).

Sendo as teorias que dão significado às actividades laboratoriais (Leite, 2002), estas não surgem nem se executam independentes de um contexto teórico (Wellington, 1998). As teorias devem apoiar-se em evidências e não derivarem delas (Hodson, 1988; 1998a)). Daí, Hogarth *et al.* (2005) defenderem a necessidade de os resultados e as conclusões terem como suporte evidências seleccionadas de entre os dados recolhidos. Deste modo, as teorias devem ser encaradas, pelos alunos, como “ideias criativas”, destinadas a fundamentar os dados observados (Sandoval & Reiser, 2004), até porque, os dados recolhidos no trabalho de laboratório são insuficientes para o estabelecimento de uma ideia (Millar, 1998).

Em contexto escolar, as teorias surgem, habitualmente, como meras declarações, abertas a uma confirmação directa, independentes da observação, sendo frequente apresentar, para um dado fenómeno, uma teoria considerada verdadeira (Hodson, 1988). Assim sendo, na explicação de fenómenos físicos e naturais, em contexto escolar, este especialista recomenda etapas específicas, no que se refere à utilização do termos teoria e modelo que os alunos devem conseguir diferenciar, em termos de “grau de certeza”, designadamente:

- Introdução provisória das teorias como modelos;
- Procura de evidências recorrendo à observação e à experimentação;
- Elaboração do modelo com base numa teoria;

- Reconhecimento da teoria no conjunto dos conhecimentos científicos;
- Utilização da teoria para explicação de fenómenos;
- Confirmação das previsões da teoria e aplicação da mesma em novas situações.

No caso concreto da construção da explicação científica de fenómenos físicos e naturais, em sala de aula, para que os dados recolhidos se tornem evidências, necessitam de ser ligados a uma acção ou a um pensamento posterior, conducente à elaboração de uma explicação (Ball, 1999). Chegar de uma estruturada e cuidada observação e respectiva recolha de dados, à construção das explicações, não é um processo automático e rotineiro, mas sim uma criação intelectual, a qual implica um moroso processo de compreensão do fenómeno em causa (Millar, 1998), porque uma explicação científica não se fica pela mera constatação de fenómeno, mas envolve, também, pensamento teórico (Cobern & Loving, 2000) e criatividade. Deste modo, sendo a interpretação parte inalienável da observação (Solomon, 1991), cabe ao professor fornecer ao aluno oportunidades para que este estabeleça ligação entre a acção e a explicação (Baird, 1995), dado que só através de relações estruturais entre os conceitos (García, 1977), de causalidade ou de outro tipo (Horwood, 1988), se consegue obter uma verdadeira faceta explicativa para os fenómenos físicos.

Na verdade, o professor não se pode esperar que, pela simples exposição dos alunos aos fenómenos e respectivas observações, os alunos consigam induzir e/ou descobrir a teoria, até porque o trabalho de laboratório, conforme já tivemos oportunidade de salientar, mostra o que acontece, mas não explica por que acontece (Wellington, 1998; 2000). Acresce que, para além de a interpretação de qualquer resultado implicar o uso de modelos abstractos que não emergem da componente laboratorial (Leite, 2002), ninguém pode aceder a algo (neste caso, ao que o professor pretende) se, simplesmente, se limitar à observação (Millar, 1998). Ainda que a observação de um fenómeno tenha como primeiro passo uma actividade sensorial, traduzida pela obtenção de dados e seguida da descrição e interpretação do que se observou, tal situação considera-se incompleta do ponto de vista científico, dado que para constituir um exercício intelectual é necessário que, para além da descrição, se estabeleçam relações entre tudo o que foi observado (Pujol, 1994). Conforme De Pro Bueno (2000) salienta, há, para além da observação, muitos outros procedimentos, designadamente, “habilidades de investigação” (identificação do problema, previsão, relação entre variáveis, transformação, interpretação e análise de dados, utilização de modelos interpretativos, conclusões) e “destrezas manuais” (manuseamento de material, construção de equipamento, realização de simulações e

modelos) que possuem o valor formativo, imprescindível à formação científica dos alunos. Porém, não se deve descurar o papel relevante da observação, uma vez que, sendo o ponto de partida para a obtenção de dados (Hacking, 1986), o acto de observar faz parte do conjunto de processos das Ciências (De Pro Bueno, 2000), tornando-se, imprescindível, que o aluno seja ensinado a como proceder para observar (Millar, 1991; Wellington, 1998; 2000). De facto, a observação requer perícia e habilidade que tanto mais se aperfeiçoarão quanto mais se praticar o acto de observar (Hacking, 1986), pelo que deverá constituir uma actividade orientada e com determinada finalidade, fazendo todo o sentido os alunos aprenderem a “linguagem observacional” das Ciências (Hodson, 1998b)), na tentativa de os tornar melhores “observadores científicos” (Millar, 1991).

A tarefa de recolher dados, através da observação de qualquer objecto ou fenómeno natural, reveste-se, por vezes, de alguma dificuldade. Na verdade, trata-se de um acto que, habitualmente, se inicia por um processo de selecção, traduzido numa atitude pessoal de se escolher o que interessa, ou não, observar e registar, ou seja, uma escolha resultante dos “óculos” particulares de cada observador que influenciam e determinam o que se escolhe para observar (Millar, 1998).

Assim sendo, convém, a este respeito, ter-se presente que de uma mesma observação podem derivar interpretações distintas, resultantes quer do leque de ideias iniciais de cada um acerca do mundo, aprendidas por experiências prévias ou pelas situações de ensino formal (Carr *et al.*, 1995; Leach, 1998; Millar, 1998; Hart *et al.*, 2000; Wellington, 2000), quer dos conceitos e das ideias teóricas que o aluno activa, ou quer até do próprio interesse que revela para com o acto de observar (Millar, 1991).

A propósito desta temática, torna-se importante termos em mente que, é comumente aceite, entre a comunidade científica, a existência de ideias e crenças prévias, por parte dos alunos, sobre conceitos e fenómenos físicos e naturais (Kuhn, 1989), antes das situações de ensino formal, concepções essas que, sendo interpretações pessoais e idiossincráticas, revelam-se, geralmente, não só inconsistentes com as ideias cientificamente aceites, mas também, por vezes, inalteráveis por situações de ensino formal (Driver *et al.*, 1994), mas, fortemente influenciadoras de tarefas de observação e de análise e interpretação de fenómenos (Harlen, 1998; Hogarth *et al.*, 2005).

Na verdade, tratando-se a observação de um processo que requer alguns cuidados por parte de quem observa, uma série de características inerentes à observação devem, segundo alguns especialistas (Hodson, 1988; Millar, 1991), ser consideradas, designadamente:

- A observação, frequentemente utilizada para verificar princípios que não são observáveis, depende da estrutura teórica, devendo esta preceder a observação e servir-lhe de orientação;
- A observação é influenciada pelas teorias pessoais dos alunos e resulta das percepções sensoriais de cada observador, sendo, portanto, falível e não totalmente credível;
- As teorias pessoais podem levar os alunos a rejeitar a legitimidade da observação e a influenciar as próprias inferências resultantes da observação;
- A natureza da observação, as finalidades que podem ser validamente alcançadas pelos resultados da observação e a distinção entre observação e inferência são aspectos que raramente o aluno entende;
- A observação não permite o acesso directo ao conhecimento científico pela via da generalização indutiva, pois, este constrói-se pela criatividade e invenção da mente humana.

Deste modo, nomeadamente, no que respeita ao inter-relacionamento entre os dados, as evidências e as conclusões, na sala de aula, mais precisamente, em contexto laboratorial, alguns especialistas são de opinião que é necessário ter em atenção os aspectos característicos da explicação científica que, de forma resumida, se apresentam seguidamente:

- As explicações científicas não são concebidas, indutivamente, a partir dos dados (Redhead, 1990), ou seja, não resultam directamente dos dados recolhidos (Ogborn *et al.*, 1996; Millar, 1998; Sandoval & Reiser, 2004);
- As explicações científicas têm por base perspectivas acerca do mundo, exigindo uma selecção dos dados que constituem evidências do fenómeno em causa e um processo de construção de significados (Ogborn *et al.*, 1996; 1997);
- A construção de uma explicação inclui pensamento teórico (Cobern & Loving, 2000), o qual proporciona o estabelecimento de relações de causalidade (ou de outro tipo) entre vários elementos (Horwood, 1988; Sandoval & Reiser, 2004);
- As evidências empíricas não confirmam nem rejeitam, de forma definitiva, uma determinada explicação, apenas contribuem para a fortalecer ou enfraquecer (Ryder, 2001);
- As conclusões têm que se relacionar com as evidências empíricas que lhe servem de suporte (Osborne *et al.*, 2001; Sandoval & Reiser, 2004).

Pode, então, reconhecer-se que um dos aspectos centrais da construção da explicação científica diz respeito à recolha de dados e à selecção e utilização de evidências, pois, pese embora todo o processo característico das Ciências englobar a recolha, a análise e interpretação de dados (Díaz & Jiménez, 1999; Sandoval & Reiser, 2004) que deverão suportar a explicação científica (Cobern & Loving, 2000), por outro lado, examinar como os alunos usam os dados e as evidências facultam-nos o acesso à forma como eles constroem a explicação científica (Sandoval, 2001).

2.4. Alguns estudos sobre a forma como manuais escolares, alunos e professores lidam com a explicação científica

A maioria das escassas investigações desenvolvidas sobre a utilização de explicações científicas, em contexto escolar, incide, fundamentalmente, na forma como se utilizam os dados na construção das explicações acerca de determinado fenómeno, na relação que se estabelece entre os dados e as evidências, bem como na identificação de factores contextuais que influenciam a construção das explicações (Edgington, 1997). Os resultados desses estudos têm sido suficientemente concludentes para se inferir que nenhum dos três intervenientes do processo educativo (manuais escolares, alunos e professores) trata este assunto da forma mais adequada e correcta (Leite, 2002; Leite & Figueiroa, 2002; Leite & Afonso, 2004; Séré *et al.*, 2005; Figueiroa, 2006).

2.4.1. Estudos desenvolvidos com manuais escolares

Relativamente às explicações de fenómenos naturais que os manuais escolares de Ciências incluem, descrevem-se, seguidamente, alguns estudos desenvolvidos, em diversos países, incluindo Portugal, uns centrados no texto escrito e outros centrados nas imagens/ilustrações e na análise do conteúdo dos protocolos de actividades laboratoriais.

No que respeita a estudos centrados no texto, o primeiro a que tivemos acesso foi realizado por Unsworth (2001), numa escola secundária, na Austrália, um estudo que envolveu vários textos de Ciências, utilizados por alunos entre os 12 e os 14 anos de idade. O estudo tinha como propósito básico investigar a explicação escrita, apresentada nesses textos, nomeadamente, ao nível da linguagem usada nessas explicações e, conseqüentemente, as potencialidades que revelam, enquanto recurso didáctico ao serviço da aprendizagem da linguagem científica. Pretendendo mostrar que os

diferentes tipos de explicação escrita têm diferentes características linguísticas, o autor começou por comparar a linguagem usada em explicações de diferentes exemplos de um mesmo fenómeno. Essa análise contemplava três aspectos: a identificação das várias etapas constituintes de todo o texto escrito que inclui a explicação, a análise das formas de raciocínio através das quais a explicação é alcançada e a análise da natureza e extensão do uso de formas verbais. Pela análise dos dados recolhidos, constatou-se que a maior parte dos textos analisados faziam uso de uma linguagem, basicamente, descritiva. Todavia, também se verificou que alguns textos apresentavam uma estrutura que contemplava os dois aspectos considerados na análise, nomeadamente, as relações conjuntivas (o raciocínio presente no texto inclui, implicitamente, uma relação lógica de sequência e/ou de causalidade, através do uso de conjunções) e as nominalizações (troca de uma estrutura gramatical por uma outra, nomeadamente, pela “metáfora gramatical”), ambas promotoras do desenvolvimento do raciocínio e, por conseguinte, promotoras na compreensão das explicações sobre os fenómenos.

Ainda incluído no grupo de estudos desenvolvidos e relacionados com o texto escrito, foi o trabalho de investigação que Newton *et al.* (2002) concretizaram no Reino Unido e que abrangeu 76 manuais escolares de Ciências, os quais incluíam todos os conteúdos de Ciências destinados a ser ensinados a alunos com idades compreendidas entre os sete e os onze anos de idade, nas escolas primárias de Inglaterra e do País de Gales. O referido estudo tinha como principal objectivo investigar, até que ponto, os conteúdos presentes nesses manuais escolares estabeleciam relações (e de que tipo) nas explicações que incluem, de forma a contribuir para a compreensão da explicação científica. Para o efeito, ainda que todos os manuais fossem submetidos ao mesmo tipo de análise, os autores consideraram, separadamente, um grupo de 53 manuais que incluíam três tópicos comuns e um outro conjunto formado pelos restantes 23 manuais, os quais apresentavam menos de três tópicos comuns. O trabalho de análise consistiu em dividir os textos expositivos, de cada manual, em frases (cerca de 10000 frases), posteriormente categorizadas (nove categorias) em função do que estabeleciam ou solicitavam ao aluno: condição, consequência/efeito, explicação causal, intenção, previsão, finalidade, atenção directa, irrelevante e não identificada. Analisando os resultados obtidos, os autores concluíram que embora alguns dos manuais escolares analisados apresentassem explicações causais e intencionais, a grande maioria, porém, incluía um conjunto considerável de factos e descrições, não indo muito para além disso, ou seja, não solicitavam ao aluno nem as razões pelas quais os fenómenos acontecem, nem tão pouco qualquer previsão. Dado que, de entre os manuais escolares analisados, poucos são os que reflectem interesse e preocupação com a promoção da compreensão

da explicação, os autores consideram que eles acabam por reforçar uma visão que muitos os alunos têm acerca das Ciências e que os leva a encará-la como uma simples colecção de factos e descrições.

No que respeita a estudos centrados na recolha de evidências, a partir das ilustrações/imagens, refira-se o trabalho de análise que Jiménez Valladares & Perales Palácios (2002) realizaram, em Espanha, com 10 manuais escolares de Física e Química, destinados a alunos de 14/15 anos (2º ciclo da Enseñanza Secundaria Obligatoria) e cuja finalidade consistia em averiguar a (in)adequação das ilustrações inseridas nos referidos manuais, no que respeita ao fornecimento de evidências, relativas a alguns fenómenos da Física. Com base na análise dos resultados obtidos, os autores concluíram que a maior parte dessas ilustrações são, intencionalmente, persuasivas, pois, para além de apresentarem ao aluno o procedimento a realizar, descrevem a realidade, acrescentando uma série de questões que, devido à forma como são formuladas, acabam por levar o aluno a responder de uma dada forma, predeterminada. Assim, segundo argumentam os autores deste estudo, as ilustrações analisadas, em lugar de promoverem uma reflexão crítica, reflectem uma visão empirista da actividade científica, uma vez que fornecem dados perceptivos a que atribuem o papel de argumentos visuais que mostram verdades científicas e convencem os alunos da verdade já exposta (falsas situações experimentais). Deste modo, originam uma leitura ambígua e superficial da imagem, centrada, apenas, no efeito/no impacto visual e apresentando como evidências o que devia ser conseguido pelas interpretações da teoria que se pretende demonstrar, o que pouco auxilia os alunos na promoção da capacidade de explicarem e lidarem com dados e evidências.

Entre os trabalhos de investigação relacionados com a análise do conteúdo de protocolos laboratoriais, centrados, especificamente, na inter-relação dados/evidências/conclusões, conhecem-se alguns estudos desenvolvidos em Portugal. Um desses trabalhos foi realizado por Leite (2002) e envolveu alguns protocolos de actividades laboratoriais inseridos em manuais escolares de Ciências que eram usados nas escolas portuguesas. Este estudo tinha como finalidade investigar a forma como esses manuais escolares utilizam os dados e as evidências decorrentes de uma actividade laboratorial, para chegarem às conclusões dessa actividade. Embora, segundo a autora, a análise qualitativa a que submeteu os protocolos seleccionados não permitisse generalizar e inferir sobre os respectivos manuais, o estudo sugere que: i) em alguns protocolos não se propõe a recolha das evidências necessárias para suportar a conclusão pretendida, sobretudo, nos casos em que os dados que constituiriam evidências não estão ao alcance dos sentidos; ii) algumas das observações que surgem em destaque, ainda que sendo necessárias para o objectivo desejado, não são, todavia, relevantes para

o alcançar, acabando por levar o aluno a desviar a sua atenção em relação a outras que seriam evidência para o fenómeno em questão.

Ainda no mesmo enquadramento, e com resultados que confirmam os obtidos na investigação anterior, insere-se o trabalho de investigação que Leite & Figueiroa (2002) realizaram e que envolveu doze manuais escolares de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade, editados (1ª edição) ou reeditados em 2000. Pretendendo-se também investigar o modo como os referidos manuais lidam com a inter-relação dados/evidências/conclusões, analisaram-se os protocolos das actividades laboratoriais presentes nesses manuais, incluídos na unidade temática: “A importância do ar para os seres vivos”. Para o efeito, elaborou-se uma grelha de análise que incluía diferentes categorias em relação a dois aspectos: relação dados/evidências e relação evidências/conclusões. Procedendo-se a uma análise qualitativa dos dados apurados, numa primeira fase, e quantitativa, numa segunda fase, foi possível que as autoras envolvidas neste trabalho de investigação verificassem a consonância das conclusões a que chegaram com os resultados dos estudos já descritos anteriormente. Assim, constataram que, no conjunto das 63 actividades analisadas, há uma percentagem considerável que não lida correctamente com a inter-relação dados/evidências/conclusões. No que respeita à relação dados/evidências, ou não permitiam a recolha dos dados que constituíam evidência das conclusões que se pretendiam elaborar (19%) ou davam as instruções para a referida recolha, só que os alunos tinham de recorrer a observações indirectas para a obtenção das evidências necessárias (24%). Este último caso implica um maior esforço conceptual por parte dos alunos, dado que não conseguem aceder às evidências de forma directa e acessível aos sentidos, necessitando, por isso, de proceder a uma interpretação e relação do que observam com o que já conhecem previamente. Quanto à relação evidências/conclusões verificou-se que em 19% das actividades analisadas as conclusões eram retiradas sem se possuírem as evidências necessárias para tal.

Os estudos, anteriormente descritos, tornam evidente que, apesar da importância conferida à compreensão das explicações científicas e da sua natureza, os manuais escolares de Ciências, de diferentes níveis de ensino, nem sempre são concordantes com as perspectivas, actualmente defendidas, quer pelos documentos oficiais, quer pela investigação em Educação em Ciências, no que concerne à inter-relação entre os dados e as evidências e entre as evidências e as conclusões. Para além disso, o facto de existirem evidências, resultantes de outros estudos desenvolvidos com manuais escolares de Ciências (alguns já atrás referidos, em 2.2.4.1), quer do 2º ciclo (Figueiroa; 2001; Figueiroa, 2003; Moreira, 2003), quer do 3º ciclo (Sequeira, 2004), os quais, apesar de se centrarem

em aspectos (ex: análise do tipo e grau de abertura das actividades laboratoriais incluídas nos manuais) que não têm a ver, directamente, com a análise de explicações científicas, são, no entanto, reveladores da falta de consonância das propostas apresentadas pelos manuais escolares com a perspectiva de resolução de problemas, que seria útil para a promoção da capacidade de os alunos explicarem e lidarem com dados e evidências, por sua vez, imprescindível no desenvolvimento de competências relevantes para a construção de explicações para os fenómenos físicos. De acordo com os resultados destas investigações, os manuais escolares de Ciências, quer os editados há algumas décadas atrás (Moreira, 2003; Sequeira, 2004), quer os de edição mais recente (Figueiroa, 2001; Figueiroa, 2003; Moreira, 2003; Sequeira, 2004), primam pela descrição das etapas a seguir e pelo fornecimento de todos os elementos que exigiriam que o aluno realizasse intensa actividade cognitiva e desenvolvesse competências de investigação e de construção e/ou reconstrução do conhecimento conceptual, necessárias à construção e aprendizagem de explicações científicas.

Os manuais escolares apresentam-se como um recurso ao serviço do processo educativo e como uma ferramenta disponível para os processos de ensino e aprendizagem das Ciências (Campanário & Otero, 2000), mas que deveria ser utilizada de forma activa pelos alunos e de forma crítica pelos professores (Jiménez Valladares & Perales Palácios, 2002). Seria, então, conveniente que, nas actividades laboratoriais que propõem, facultassem aos alunos oportunidade de estes vivenciarem aspectos do processo de construção do conhecimento científico, designadamente, no que respeita à recolha e selecção de dado, com vista à identificação das evidências do fenómeno em causa, na actividade laboratorial proposta.

2.4.2. Estudos realizados com professores e futuros professores

No que concerne às práticas quer dos professores, quer dos futuros professores de Ciências, relativas à forma como lidam com a explicação de fenómenos físicos, as escassas investigações desenvolvidas têm incidido, sobretudo, na natureza das explicações que professores/futuros professores formulam e na forma como lidam com dados e evidências.

Dagher & Cossman (1992), na América, realizaram um estudo com o intuito de analisar a natureza das explicações verbais utilizadas nas aulas de Ciências, por um grupo de 20 professores de Ciências (onze professores de Biologia e nove professores de Física), do ensino secundário, e que leccionavam, em 13 escolas públicas, os 7º e 8º anos de escolaridade. Os dados obtidos através da

observação de aulas e referentes às explicações das explicações científicas, foram analisados utilizando um método comparativo que, no conjunto das 226 explicações elaboradas pelos professores, permitiu identificar 10 tipos de explicações diferentes das explicações científicas, designadamente: analógica: estabelece-se, por analogia, uma correspondência entre aspectos de uma situação já conhecida e familiar e aspectos do fenómeno a explicar; antropomórfica: conferem-se características humanas aos elementos incluídos no fenómeno; funcional: atribui-se uma função – consequência imediata – ao fenómeno; genética: refere-se a sequência de eventos anteriores; mecânica: apresentam-se as inter-relações causais, normalmente de natureza física; metafísica: identifica-se um agente sobrenatural como a causa principal do fenómeno; prática: fornecem-se instruções para a execução de acções procedimentais ou conceptuais; racional: fornecem-se provas/evidências na tentativa de convencer a aceitar a explicação; tautológica: reformula-se o “porquê” e o “como” da questão sem adicionar nova informação ao seu conteúdo; teológica: relaciona-se o contributo que a função do fenómeno em causa, juntamente com a acção de um outro fenómeno pertencente ao mesmo sistema, na consecução da última finalidade. Para além desta diversidade de formas de explicar assuntos de Ciências, os autores puderam, ainda, constatar que as formas de explicar são, consideravelmente variáveis, de professor para professor, notando-se uma associação positiva entre o número de explicações de assuntos científicos e o número de tipos de formas de explicar evidenciadas.

Igualmente centrado na explicação das explicações científicas, por parte dos professores aos alunos, é o estudo desenvolvido por Kikas (2004), na Estónia, o qual contou com a participação de 198 professores com diferentes formações e diferentes conhecimentos a nível das Ciências: 30 professores de Física e Química, 28 professores de Biologia, 57 professores do ensino primário, 32 professores estagiários (futuros professores primários) e 51 professores de disciplinas diversas (história, língua materna, línguas estrangeiras, música, arte e desporto). Era pretensão básica deste estudo identificar e analisar as concepções que estes elementos possuíam, sobre três fenómenos naturais, designadamente: o movimento dos objectos (velocidade/força), as estações do ano e as mudanças de estado da matéria (congelamento). Para a obtenção das informações necessárias, a autora recorreu à aplicação de um questionário, no qual eram fornecidos os quatro tipos de explicação seguintes: uma simples descrição, uma descrição que incluía conceitos, uma explicação que incluía concepções erradas; e uma explicação cientificamente aceite. Os participantes, de entre um grupo de questões de escolha múltipla, para cada um dos três fenómenos, deviam escolher a explicação que considerassem corresponder à adequada explicação científica, justificando a opção feita. Após a recolha e análise dos

dados conseguidos, a autora constatou uma grande variedade de concepções erradas, bastante confusão no uso de termos científicos que, no quotidiano, têm diferentes significados (ex: força), quer entre os três fenómenos considerados, quer entre os diferentes grupos de professores intervenientes. Foram os professores de Biologia, de Física e de Química os que melhor compreensão revelaram e os que menos concepções erradas apresentaram. Pelo contrário, os professores estagiários e os professores da escola primária acabaram por reconhecer a sua própria dificuldade e falta de conhecimento nos temas considerados. Para além da falta de formação específica nestes assuntos, a extensão, a sequência das palavras e frases e o uso de determinados termos, foram aspectos que, segundo opinião da autora, também influenciaram a escolha das respostas: as explicações descritivas, com conceitos associados, como eram mais longas, foram consideradas pela maioria, como as explicações científicas.

Ainda no âmbito de estudos centrados nas explicações que professores/futuros professores formulam, acerca de fenómenos físicos e naturais, conhece-se o recente estudo desenvolvido por Leite, Mendoza & Borsese (2007), cuja concretização de processou em três países europeus, especificamente, Portugal, Espanha e Itália. Este trabalho de investigação incluía uma amostra diversificada, constituída por 195 elementos, nomeadamente, 80 professores (25 italianos, 34 portugueses e 21 espanhóis), com alguma experiência profissional (o mínimo de dois anos) e 115 futuros professores (58 italianos, 32 portugueses e 25 espanhóis) que, respectivamente, leccionavam, ou viriam a leccionar, disciplinas da área das Ciências, designadamente, Biologia, Química, Geologia e Física. Era finalidade principal deste estudo identificar as explicações que professores e futuros professores construíam acerca de fenómenos relacionados com o comportamento dos líquidos e com o estado líquido e, ainda, comparar essas explicações, a nível dos três países participantes. Os autores do estudo, cada um no seu próprio país, aplicaram um questionário aos referidos elementos que integravam a amostra utilizada e que incluía sete questões, umas destinadas à explicação de alguns factos que eram apresentados aos elementos participantes, enquanto que outras solicitavam a previsão e respectiva fundamentação. Em ambos os casos, a estrutura das questões levava a que os professores e os futuros professores recorressem às suas próprias concepções para prever e/ou explicar, em vez de escolherem entre explicações fornecidas. Depois de analisadas e comparadas as respostas dadas pelos intervenientes dos três países, os autores obtiveram resultados, de certa forma, concordantes com os já obtidos em outros estudos, respeitantes ao mesmo conteúdo. Assim, constataram que, independentemente do país a que pertenciam, quer uns (professores) quer outros

(futuros professores) demonstravam muitas dificuldades em prever e em explicar os fenómenos considerados, sobretudo, quando se tratava de entrar no domínio do submicroscópico, ou seja, no que respeita ao comportamento das partículas constituintes dos líquidos, para além de não conseguirem estabelecer uma diferenciação entre causa e consequência e revelarem alguma confusão a nível dos conceitos respeitantes aos fenómenos em questão.

Em relação a estudos que têm a ver com a selecção e utilização de evidências, começamos por referir o trabalho de investigação concretizado por Taylor (2001), nos Estados Unidos, no qual entrevistaram três professores de Ciências Físico-Químicas (dois já profissionalizados e um futuro professor), do ensino secundário. O objectivo principal do estudo consistia em analisar as concepções que estes três elementos perfilhavam, em relação a evidências científicas, associadas a determinados fenómenos físicos. Para a consecução do referido trabalho, o autor procedeu à recolha de dados através de entrevistas semi-estruturadas e de tarefas escritas. Em relação às entrevistas, os participantes deveriam planear três actividades laboratoriais de tipo experimental, de forma a investigar, respectivamente: a relação entre o comprimento de um fio e a sua resistência; a relação entre o peso de um bloco de madeira e a força mínima necessária para o arrastar num plano inclinado e a relação entre o ângulo de inclinação de um plano inclinado e a força mínima necessária para o arrastar num plano inclinado. Durante a planificação de cada uma destas três actividades, os intervenientes deveriam descrever, em voz alta, o raciocínio utilizado. Quanto às tarefas escritas, apresentaram-se aos elementos intervenientes 10 hipotéticas situações de aula, simulando actividades experimentais estruturadas por alunos, sendo-lhes solicitado que analisassem, criticamente, os dados, supostamente recolhidos por alunos, bem como os procedimentos experimentais e as conclusões teoricamente por eles elaboradas. As produções dos sujeitos foram submetidas a análise de conteúdo. O autor constatou a existência de formas multifacetadas de interpretação que foram usadas pelos participantes, quer na estruturação das actividades experimentais, quer nas respostas escritas, respeitantes às situações de aula simuladas. No caso da experimentação, sobressaíram concepções inconsistentes, bem como diferentes formas de compreensão em relação aos dados descritos nas situações hipotéticas e em relação aos desenhos experimentais que elaboraram. Assim, revelaram maior capacidade na identificação das etapas dos protocolos das actividades laboratoriais e nas estratégias de recolha de dados que seriam, supostamente, utilizadas pelos alunos, do que, propriamente, em relação às que eles próprios usam. Acresce, ainda que, segundo o autor, ainda que cada sujeito tenha reconhecido a finalidade das actividades que incluem controlo de variáveis, tal não

garantia que os participantes fossem capazes de as estruturar de forma adequada, pois nenhum dos elementos intervenientes conseguiu planificar as actividades de forma a estabelecer a articulação entre as diferentes variáveis (dependente e independente). Para além disso, a capacidade de cada participante em avaliar, criticamente, as evidências empíricas, parece ter sido influenciada pela dimensão com que cada elemento relacionou essas evidências com os conceitos científicos de cada um dos assuntos escolhidos.

Quanto a estudos desenvolvidos em Portugal e que se relacionam, também, com a identificação e o uso de evidências empíricas, por parte de futuros professores, inclui-se uma investigação realizada por Leite & Afonso (2004), com 38 futuros professores de Física e Química (alunos universitários do 4º ano). O objectivo do estudo era analisar como explicam e como prevêm esses alunos acerca de um fenómeno natural. Para o efeito, as autoras do estudo recolheram os dados através de um questionário, do qual constavam três situações problemáticas centradas no fenómeno da pressão do ar e que, com base nas três categorias de análise propostas Driver *et al.* (1997), e já referidas anteriormente, constataram, entre os alunos, algumas dificuldades relacionadas com a explicação de fenómenos naturais, nomeadamente:

- Ainda que raramente recorressem à teoria para explicarem o fenómeno ou para preverem e explicarem as suas previsões (apenas um participante o fez correctamente), os elementos intervenientes no estudo não usavam, de forma adequada, os dados como evidências nas suas explicações, pois concentravam a sua atenção apenas em alguns dados e ignoravam outros, não justificando as suas opiniões;
- Revelavam falta de conhecimento científico acerca do fenómeno em causa ou tinham-no mas sob a forma de concepção alternativa;
- Elaboravam explicações que não eram suficientes, pois expunham-nas mas não completamente;
- Grande quantidade de alunos não respondeu ou deu respostas que pouco ou nada se relacionavam com o assunto, facto que, apesar de ser atribuído pelas autoras a eventual cansaço, por parte dos participantes, acaba por demonstrar a dificuldade generalizada que os mesmos revelam em lidar com estes assuntos.

Ainda no mesmo domínio e com resultados semelhantes ao do estudo anterior, é o estudo levado a cabo por Leite & Esteves (2005) com 31 alunos, do 4º ano universitário, do curso de

formação inicial de professores de Física e Química. O objectivo do estudo consistia em averiguar se os participantes no estudo conseguiam detectar a insuficiência das evidências empíricas, facultadas em protocolos laboratoriais do tipo “receita” e a respectiva inconsistência dos mesmos e, ainda, de que forma o trabalho de grupo e as questões colocadas aos intervenientes os afectam no referido processo de identificação. A fim de obter dados que possibilitassem a concretização do estudo, as autoras aplicaram um questionário, do qual constavam duas partes. Numa primeira parte, incluíam-se três protocolos laboratoriais respeitantes a actividades já conhecidas dos alunos (electrólise da água, combustão da vela e a dissolução do açúcar na água), devendo os participantes, primeiro individualmente e depois em grupo, analisá-las, servindo-se de uma escala de tipo diferencial semântico. Numa segunda parte, à qual os alunos deveriam responder individualmente, inseriam-se questões directas acerca da possibilidade de os alunos, do ensino básico, conseguirem extrair as conclusões, presentes nos protocolos das três actividades consideradas. Com base na análise dos dados obtidos, quer individualmente, quer recorrendo ao trabalho de grupo, as autoras detectaram muitas dificuldades, reveladas pela maioria dos indivíduos, no que respeita a analisar a consistência entre o procedimento laboratorial e a conclusão apresentada, não tendo, os elementos envolvidos no estudo, conseguido detectar as incorrecções relativas à falta de evidências nas actividades consideradas. Segundo o parecer das autoras, tais dificuldades, sobretudo a nível de capacidade crítica, podem ter a ver com a familiaridade dos sujeitos com as actividades analisadas, aliada a hábitos adquiridos que os levam a aceitar os protocolos tal e qual se apresentam ou, também, com a falta de familiarização com tarefas relacionadas com a análise crítica.

Após esta revisão de estudos acerca das explicações científicas usadas em contexto escolar, por parte dos professores de Ciências e futuros professores, e à semelhança do que do que sucedeu no caso dos manuais escolares, os resultados obtidos nessas investigações não deixam dúvidas quanto à dificuldade generalizada que os mesmos revelam em lidar com estes assuntos. Efectivamente, quer uns (professores), quer outros (futuros professores), nas explicações que elaboram, demonstram uma inadequada articulação entre teoria, evidência e explicação, não usando, correctamente, os dados como evidências e utilizando, muito pouco, modelos teóricos, o que, conseqüentemente, lhes confere uma certa predisposição para explicarem aos alunos, as explicações dos fenómenos físicos, de forma inadequada também. Acresce que, ainda que possuam algum conhecimento científico acerca dos fenómenos, alguns apresentam-no sob a forma de concepções alternativas. Sendo os professores de Ciências mediadores no processo de ensino e de aprendizagem (González Garcia & Jiménez Liso,

2005), então, cabe-lhes estarem mais atentos a este assunto, de forma a poderem auxiliar os alunos a aprender a lidar, de diferentes maneiras, com os vários tipos de dados, a fim de que estes aprendam a construir teorias a partir dos dados, a avaliar as teorias que lhe são ensinadas e a realizar previsões acerca dos fenómenos.

2.4.3. Estudos concretizados com alunos

Quanto à forma como os alunos tratam a explicação científica em contexto laboratorial, os estudos realizados indicam que, habitualmente, nas explicações que constroem, os alunos não reconhecem a diferença entre dados e teorias, usadas na explicação dos dados (Millar, 1998; Sandoval & Reiser, 2004), acabando, na maior parte dos casos, por concluir com base em evidências insuficientes (Séré *et al.*, 2005). Os estudos respeitantes a esta temática têm-se centrado em aspectos vários, como: a natureza da explicação; os factores que afectam as explicações formuladas pelos alunos; os elementos/entidades em que se baseiam para explicar e/ou prever fenómenos; a forma como lidam com dados e evidências e, ainda, em outros assuntos que têm a ver com a explicação científica, ainda que de forma indirecta, tais como, a utilização de recursos/estratégias que podem constituir um óptimo contributo na promoção da construção das explicações científicas (ex: o trabalho de laboratório, os textos escritos).

No que concerne a estudos centrados no tipo da explicação, comece-se por referir o trabalho de investigação levado a cabo por Metz (1991) com quatro grupos (de três, cinco, sete e nove anos de idade), de oito alunos cada. Pretendendo-se averiguar o desenvolvimento do conhecimento dos alunos, a nível de conteúdo e de forma das explicações que formulavam, foi solicitado aos alunos que, em situação de entrevista, elaborassem previsões e explicações acerca do que aconteceria caso rodassem o botão de uma série de configurações de máquinas. A análise de conteúdo das previsões e das explicações que foram construídas pelos alunos, permitiram identificar três tipos de explicação: explicações centradas na função do objecto, explicações centradas nas ligações entre as várias máquinas e explicações centradas no mecanismo das máquinas. A análise destes resultados evidenciou acentuadas diferenças quanto à forma das explicações construídas pelos alunos, o que levou à constituição de diferentes grupos de explicação e à constatação de uma evolução positiva na conceptualização da causalidade, com a idade.

Ainda no mesmo contexto e com resultados que, de certa forma, confirmam os do estudo anterior, é o estudo que Driver *et al.* (1997) desenvolveram, em Inglaterra, no qual participaram alunos de nove, 12 e 16 anos de idade que totalizavam 30 pares de alunos. Um dos objectivos deste trabalho era investigar as concepções desses jovens sobre a experimentação, sobre a natureza da explicação e sobre a avaliação de teorias. Para o alcançarem, os autores recorreram a entrevistas semi-estruturadas e a questionários (seis), que incluíam tarefas delineadas em contexto laboratorial. Os dados obtidos foram integrados em três categorias formadas pelos autores para o efeito, tendo em conta o tipo de raciocínio utilizado pelos alunos na construção das explicações, nomeadamente: o raciocínio baseado na observação do fenómeno (descrição e explicação não se diferenciam); o raciocínio baseado nas relações (as explicações são consideradas como generalizações empíricas e reflectem relações entre os aspectos observáveis); o raciocínio baseado em modelos teóricos (as explicações são suportadas por modelos teóricos). Os resultados mostram que o raciocínio baseado na observação do fenómeno foi o mais usado pelos alunos de nove anos, o raciocínio baseado em relações foi o tendencialmente usado pelos grupos de alunos de 12 e 16 anos, enquanto que o uso do raciocínio baseado em modelos tendia a aumentar com o aumento da idade, ou seja, a complexidade parece aumentar com o avançar do nível etário.

Aproveitando a aplicação de um programa inovador de vídeo, promovido pela Fundação Nacional de Ciências e destinado a professores de Ciências, o estudo realizado por Lawrence & Pallrand (2000), tinha como finalidade principal investigar as previsões e as explicações que esses alunos elaboravam quer em relação aos itens de um teste previamente elaborado, sobre conceitos de Óptica (refracção, reflexão), quer em relação à diversidade de fenómenos apresentados no sistema de vídeo, por dois professores de Física, do ensino secundário, cada um destes com idênticos percursos profissionais e académicos. O estudo centrou-se na área da Física, em escolas do ensino secundário, nos subúrbios de New Jersey e teve como intervenientes dois grupos de alunos, com 18 e 14 elementos cada um. Após a análise das respostas dos alunos, os autores concluíram que os dois grupos de alunos participantes no estudo demonstravam uma deficiente acção quanto aos aspectos investigados – previsões e explicações. Tal deficiência reflectia não só a incapacidade dos alunos em prever, em explicar e em proceder a reformulações de previsões e explicações, mas também a inexperiência de um dos dois professores, no que respeita ao uso de tais estratégias de ensino (as atitudes mais correctas centravam-se nos alunos cujo professor usava regularmente esta estratégia). Segundo os autores, tal incapacidade de previsão e explicação por parte dos alunos, remediar-se-ia

facultando-lhes oportunidades de usar o conhecimento na construção de previsões, explicações e reformulações.

Relacionado, igualmente, com a natureza das explicações que os alunos constroem, acerca de fenómenos físicos e naturais, mas desenvolvido em Portugal, é o estudo realizado por Figueiroa (2006), o qual envolveu uma amostra constituída por um conjunto de 75 alunos, igualmente distribuídos pelos 4º, 6º e 9º anos de escolaridade (últimos anos de cada um dos três ciclos do Ensino Básico). O estudo em questão tinha como objectivo principal analisar o tipo de explicação construída pelos alunos dos referidos anos, acerca de um fenómeno físico, relacionado com as “características e comportamentos do ar” e reproduzido numa situação problemática que a autora, de acordo com o material usado, designou de “balão dentro da garrafa” (situação 1 desta tese: balão colocado no gargalo de uma garrafa, de forma a impedir a entrada e a saída do ar, contido dentro da garrafa). A recolha de dados fez-se através de uma entrevista semi-estruturada e individual que incluía quatro etapas (previsão, explicação da previsão, observação do fenómeno, explicação da observação), a fim de que se obtivessem respostas que levassem ao conhecimento da forma como os alunos previam e explicavam o fenómeno considerado, quer antes quer após a constatação do mesmo. A análise das respostas obtidas fez-se com base numa tipologia já usada por Leite & Figueiroa (2004) e que inclui quatro tipos de explicação, relacionados com os tipos de questões a que cada um deles permite responder: descritivo, causal, interpretativo e preditivo (a explicação descritiva é a menos complexa em termos de raciocínio). A partir dos resultados obtidos, a autora do estudo concluiu o seguinte: i) os alunos, independentemente do nível de ensino, conseguiram formular previsões, mas, a maioria não conseguiu elaborar previsões compatíveis com o que na realidade acontecia ao balão; ii) ainda que se revelassem capazes de explicar quer os comportamentos que previram para o balão, quer as observações efectuadas, evocavam razões demasiado simples e incompletas; iii) recorreram mais às explicações descritivas do que às causais (sobretudo os mais jovens), não tendo nenhum aluno usado explicações interpretativas nem preditivas; iv) fundamentavam, por vezes, as previsões e explicavam o fenómeno com base em concepções alternativas e/ou em conhecimentos do quotidiano, não fazendo uso dos dados que constituiriam evidências das explicações construídas. Com efeito, estas conclusões evidenciam as dificuldades que a maioria dos alunos participantes no estudo tem em prever e/ou explicar o fenómeno em questão, a qual não é, portanto, a forma mais adequada ou completa.

No âmbito de estudos empreendidos e relacionados com factores contextuais que afectam a construção das explicações, refere-se a investigação que Tytler (1998) concretizou, com crianças

pertencentes a diferentes anos do ensino primário (quatro alunos de cada ano), e por isso, com idades diversas. Através deste trabalho de investigação, o autor pretendia analisar as explicações dos alunos, quanto a três aspectos: i) nível de coerência com que cada aluno recorria às suas próprias concepções; ii) características das concepções utilizadas por esses alunos, na construção das explicações respeitantes ao fenómeno considerado; iii) factores contextuais, influenciadores da forma como os alunos usam essas concepções na construção das explicações. Para a consecução do estudo, os alunos empreenderam, ao longo de várias sessões, um conjunto de actividades relacionadas com o fenómeno da pressão do ar, realizadas em diferentes contextos: discussão em grupo, entrevistas individuais e fichas de trabalho. As entrevistas repetiram-se ao fim de seis meses, a fim de se verificar até que ponto as explicações das actividades, construídas nas sessões, se mantinham ou tinham sofrido alteração. Analisando os resultados obtidos, o autor inferiu que os participantes no estudo constroem as explicações acerca do fenómeno em questão com base nas concepções que possuem (identificaram cerca de nove concepções), utilizam-nas em função dos diferentes contextos e com uma enorme mistura, dependente da compreensão que têm acerca do fenómeno, sendo notória a inconsistência e a espontaneidade utilizadas na construção das explicações.

Continuando no domínio da previsão e explicação de fenómenos físicos, por parte dos alunos, mais precisamente, em relação a estudos que incidem nos elementos/entidades que usam para explicar e/ou prever esses fenómenos, insere-se o estudo realizado por Shepardson & Britsch (2001), numa escola básica localizada na zona central dos Estados Unidos. O referido estudo integrava seis alunos (três rapazes e três raparigas) do jardim infantil, pertencentes ao último ano do ensino pré-escolar, e outros seis alunos (dois rapazes e quatro raparigas), mas já frequentadores do 4º ano de escolaridade. A finalidade principal do estudo era investigar de que forma as crianças, desses dois níveis etários interpretavam e explicavam a actividade científica, nomeadamente, as próprias actividades laboratoriais que realizavam e os fenómenos ocorridos durante a realização das mesmas. A obtenção de dados fez-se através de entrevistas de carácter informal e da observação dos alunos, de ambas as salas de aula, ao longo de um ano escolar e em diversos contextos de actividade (diferentes grupos de trabalho, vários conceitos de Ciências e diferentes fenómenos naturais e físicos). Os autores procuraram que essas observações, ocorridas em contexto de investigação, incidissem, sobretudo, no relacionamento dos alunos, no registo das actividades laboratoriais no jornal diário da escola (feito através do desenho, da escrita ou de ambas), no desenvolvimento da compreensão da actividade científica e na evolução das habilidades dos alunos. Com base nos resultados obtidos que foram

transcritos, gravados em áudio e distribuídos por categorias, os autores deste estudo constataram que estes jovens alunos, nas representações gráficas que faziam no jornal escolar, explicavam os fenómenos e a actividade científica da sala de aula, tomando por base três contextos, especificamente: investigativo, imaginário e experienciado/vivido. Assim, segundo concluem os autores deste estudo, os alunos serviram-se dos seus conhecimentos e vivências prévias, assim como das próprias experiências realizadas na sala de aula, para explicarem os fenómenos, ou seja, transferiram-nos de um contexto externo/desconhecido, para um contexto interno, que lhes era conhecido e familiar, o que demonstra, mais uma vez, as dificuldades que os alunos possuem para explicar e lidar com dados e evidências.

Relativamente a estudos centrados na forma como os alunos lidam com dados e evidências, quando necessitam de prever e/ou explicar fenómenos físicos, são vários os estudos que se conhecem e que envolvem alunos de vários níveis de escolaridade (desde o 1º ciclo ao ensino universitário) e de diferentes nacionalidades (incluindo a portuguesa). Comece-se com o estudo que Ball (1999) levou a cabo, na América, no qual participaram alunos universitários do curso de Química, e cuja finalidade era, não só averiguar a forma como esses alunos aprendiam a teoria e as práticas relativas à Química, mas também analisar o papel de dois contextos laboratoriais diferentes nesse processo de aprendizagem - tradicional (21 alunos) e cooperativo (10 alunos). A observação de aulas, gravações em vídeo das sessões laboratoriais, entrevistas informais, anotações e documentos criados pelos alunos foram os processos utilizados na obtenção de dados que, depois de analisados, permitiram ao autor concluir que, em ambos os contextos laboratoriais seleccionados, os alunos utilizavam de forma abundante a teoria e de forma reduzida as evidências, não se revelando capazes de transformarem as observações em evidências. Estes resultados, na opinião do autor, não só revelam que os alunos consideram o uso da teoria como um aspecto inerente às actividades laboratoriais, mas que também necessitam de ser alertados para o facto de a observação poder e dever tornar-se em evidência.

Com resultados semelhantes e ainda no mesmo contexto, Leach (1999) desenvolveu um trabalho de investigação numa cidade industrial do norte de Inglaterra, com 190 alunos (95 pares), inseridos na escolaridade obrigatória e com idades compreendidas entre os nove e os 16 anos. Pretendendo investigar a forma como esses alunos estabeleciam a ligação entre teoria e evidências, o autor estruturou tarefas diagnósticas a partir de teorias científicas familiares aos alunos, relativas a circuitos eléctricos, flutuação e submersão, fornecendo aos alunos algumas explicações alternativas baseadas em evidências, na tentativa de que efectuassem previsões a partir da explicação seleccionada. Analisando os resultados obtidos, este investigador concluiu que, embora os alunos

conseguissem destringir teoria e evidência, não conseguiram, todavia, resolver problemas relativos à interligação teoria-evidência, pois, não coordenavam estes dois aspectos, pelo menos de uma forma que os especialistas designam de racional e lógica. Assim, a maior parte dos alunos seleccionou uma explicação, para o caso dos circuitos eléctricos, de acordo com critérios que nada tinham a ver com um critério lógico e/ou uma análise compreensiva da inter-relação explicação-teoria. Ainda que quase todos conseguissem fazer previsões e construir explicações, recorrendo às evidências disponíveis, faziam-no de forma inconsistente e contraditória: não usavam nas previsões as evidências que previamente consideravam válidas, contradiziam-se em relação aos argumentos iniciais e alteravam *ad hoc* as explicações.

Ainda no mesmo tipo de contexto e com resultados que, em parte, confirmam os dos estudos anteriores, Sandoval (2001) conduziu uma investigação na qual participaram 87 alunos pertencentes a quatro turmas de alunos principiantes em biologia, numa escola secundária, nos arredores de uma cidade do centro oeste da América. Com o propósito básico de investigar a forma como esses alunos utilizam os dados para construir as suas explicações acerca de um fenómeno natural, este estudo procurou obter resposta a duas questões de investigação, relacionadas, especificamente, com os dados que os alunos seleccionam para usarem como evidências nas suas explicações e com a forma como tratam esses dados para a construção de explicações causais, acerca de um fenómeno natural. Para o efeito, solicitou-se aos alunos que emitissem e registassem as suas explicações, sobre dois fenómenos naturais: a sobrevivência de alguns tentilhões, numa ilha do arquipélago de Galapagos, às condições de seca, em 1977; o desenvolvimento da resistência aos antibióticos por parte da bactéria responsável pela tuberculose. Para proceder à análise dos dados recolhidos, o autor categorizou as explicações dos alunos, segundo duas vertentes: nível de suficiência (relevância dos dados obtidos) e nível de retórica (persuasão expressa na linguagem). Concluiu que, embora a totalidade dos alunos entendesse que para as suas explicações necessitavam de dados que constituíssem evidências, os dados que indicavam eram irrelevantes, insuficientes e/ou contraditórios. Para além disso e ainda que se considerasse demasiado complexo para os alunos o facto de os colocar a relacionar os dados que referiam com a necessidade deles para as suas explicações, a maioria entendeu esse aspecto, pois a generalidade dos grupos descreveu os dados, um quarto (sete elementos) apenas incluiu os dados e um terceiro grupo (onze elementos) interpretaram os dados. Contudo, quase todos revelaram preferência por dados numéricos em relação aos dados incluídos em texto, ainda que estes fossem

relevantes. Verifica-se, mais uma vez, o reduzido número de alunos que, na construção das explicações para os fenómenos, recorrem a um processo de interpretação de dados, para poderem concluir.

Incidindo, igualmente, na recolha e na interpretação de dados, foi o estudo realizado por Kanari & Millar (2004), em seis escolas, do norte de Inglaterra, o qual envolveu 60 alunos, distribuídos por três grupos, cada um deles reunindo 20 alunos de diferentes idades, designadamente, 10, 12 e 14 anos de idade. O propósito básico deste estudo era analisar, em actividades laboratoriais de tipo investigação, não só a forma como os alunos recolhem e interpretam os dados, mas também as conclusões que constroem, a partir dos mesmos, tendo em conta a idade e a experiência académica. Para a concretização do referido estudo, os autores seleccionaram duas actividades práticas, para cada uma das quais se solicitava aos alunos que, individualmente, explicassem (relacionando), especificamente: a oscilação do pêndulo, relacionada com o peso e o comprimento do mesmo; e a força necessária para arrastar uma caixa, em função do volume e da área da mesma. Em cada uma das actividades consideradas, os alunos deveriam, numa primeira etapa, seleccionar uma previsão, entre as três que eram fornecidas em cartões e, numa segunda fase, proceder à selecção da conclusão, também extraída de um conjunto de três conclusões fornecidas. A partir dos resultados obtidos, os autores verificaram que, independentemente da idade e das actividades consideradas, era muito semelhante o raciocínio usado pelos alunos, não se tendo encontrado diferenças consideráveis, no que respeita a relacionar as variáveis entre si. Assim, para os autores, a maioria dos alunos revelou um baixo nível de competência investigativa, em termos de exploração do relacionamento de duas variáveis, o qual, segundo argumentam, não é mais nem menos que o reflexo do ensino “rotineiro” destes assuntos, nas aulas de Ciências

Quanto a estudos desenvolvidos em Portugal, igualmente relacionados com a forma como os alunos lidam com os dados e as evidências e cujos resultados se revelam concordantes com os resultados conseguidos nos trabalhos de investigação acima descritos, é o estudo que Afonso & Leite (2003) empreenderam, com alunos dos 9º (38 alunos) e 11º anos (40 alunos) de escolaridade, pertencentes a escolas básicas e secundárias do norte do país. Com o intuito de averiguar a forma como esses alunos relacionam a teoria e a evidência quando necessitam de explicar ou de prever resultados experimentais, as autoras recolheram os dados através de um questionário. Do referido questionário constavam duas situações problemáticas, escolhidas de forma que permitissem questões de explicação e de previsão. Para cada uma das situações colocavam-se duas questões: uma que visava a explicação de um determinado fenómeno, através da utilização de evidências; outra que

pretendia a elaboração de uma previsão. Após a análise dos dados obtidos, para a qual as autoras se serviram de três categorias que a literatura propõe (Driver *et al.*, 1997) e já atrás referidas a propósito de um estudo realizado por estes especialistas (raciocínios baseados na observação do fenómeno, em relações ou em modelos teóricos), obtiveram-se indicadores que permitiram constatar dificuldades, por parte dos alunos, em usar explicações que incluam entidades teóricas integradas em modelos e em reconhecer a função das evidências enquanto suporte empírico dos modelos teóricos. Assim, ainda que os alunos conseguissem diferenciar as observações das explicações, quase nunca recorreram a entidades teóricas, incluídas em modelos, que lhes permitiriam explicar ou prever os fenómenos em questão, pelo que grande parte das respostas tinham por base generalizações empíricas resultantes directamente dos dados.

No que concerne a estudos que têm a ver com a utilização de recursos/estratégias que, de forma implícita, podem contribuir para a promoção da construção das explicações científicas, Hart *et al.* (2000) desenvolveram um trabalho de investigação na Austrália, mais concretamente, em Melbourne, com um grupo de alunos do 10º ano. O estudo centrou-se, especificamente, no contributo do trabalho de laboratório para a construção do conhecimento científico, o que, implicitamente, acaba por influenciar a construção da explicação científica. Pretendendo-se desenvolver nestes alunos a compreensão do papel do trabalho de laboratório na construção do conhecimento científico, uma das autoras do estudo (uma experiente professora de Ciências) estruturou, com base no laboratório, o ensino de uma unidade didáctica acerca da qual os alunos revelavam poucos conhecimentos prévios, de forma a que os mesmos tivessem que planificar e realizar algumas actividades laboratoriais de Química e que proceder aos registos escritos das mesmas (procedimentos utilizados, dificuldades encontradas e resultados obtidos), para que as actividades pudessem ser executadas, posteriormente, por outros grupos de alunos. Os dados foram conseguidos através de apontamentos extraídos da observação de aulas, análise de exercícios de papel e lápis executados em cerca de metade do número de aulas, cópias de todos os trabalhos individuais dos alunos, incluindo registos das actividades laboratoriais, entrevistas (individuais) aos alunos e entrevistas (em grupo), realizadas após a realização das actividades laboratoriais. Analisando as informações obtidas, os autores constataram que a maioria dos alunos intervenientes no estudo não conhecia a razão pela qual realizavam investigação laboratorial; ainda que alguns justificassem a sua realização como um auxílio à compreensão da teoria, nenhum deles conseguiu referir um único exemplo, específico, de uma actividade laboratorial que facultasse essa ajuda. Inicialmente, embora os alunos fossem estabelecendo ligações entre os

propósitos dos professores e as tarefas que lhes eram propostas, a grande maioria não reflectia acerca da importância das suas observações nem estabeleciam uma ligação entre elas e os conhecimentos que já possuíam. Em contrapartida, a partir da execução destas actividades, foi possível aos alunos obter sucesso a nível do desenvolvimento, da comunicação e da verificação de procedimentos e resultados respeitantes ao trabalho laboratorial.

Integrado, ainda, na mesma temática, conhece-se o trabalho de investigação realizado no Canadá, por Klein (2004), envolvendo 64 alunos universitários, ainda que a análise integral dos dados recolhidos incluísse, apenas, 56 elementos (dado que oito alunos somente foram incluídos nas duas primeiras fases de recolha de dados). O objectivo primordial consistia em investigar o contributo que as tarefas escritas dos alunos podem prestar na construção das explicações científicas, acerca de fenómenos, procurando verificar qual a relação entre as estratégias de escrita, usadas pelos alunos, e a aprendizagem ocorrida durante as tarefas escritas. O estudo centrou-se em dois conteúdos programáticos de Ciências Físico-Químicas, nomeadamente, a flutuação e o peso, para cada um dos quais cada aluno teria de construir uma explicação acerca de um determinado fenómeno, respectivamente: objectos/corpos que flutuam (ou afundam) e a influência do eixo de uma balança de pratos suspensos (fiel da balança) no peso dos objectos e na inclinação (ou não) para um dos lados, dos pratos da balança. Aos alunos, em situação de entrevista individual, era-lhes solicitado uma explicação para ambos os fenómenos considerados, ao longo de três etapas, especificamente: antes de realizar a actividade; após a realização da actividade (antes de escreverem) e depois de escreverem acerca da actividade realizada. Analisando e comparando as explicações formuladas pelos alunos, antes e após os registos escritos, o autor obteve resultados reveladores de acentuadas diferenças, chegando à conclusão que, em ambos os conteúdos (flutuação e peso), os alunos construíam explicações cuja complexidade ia aumentando, ao longo das três fases consideradas, sendo que as mais complexas/sofisticadas surgiram após a fase da escrita (em 86% dos casos). Assim, nas explicações que apresentavam, antes de realizarem a actividade, os alunos somente referiam conceitos isolados (ex: peso, tipo de material; distância); depois da realização da actividade, as explicações já incluíam a articulação entre dois conceitos (ex: o peso e o tipo de material; o peso e a distância); após procederem a registos escritos acerca da actividade realizada, os alunos estabeleciam uma relação mais complexa entre os conceitos (ex: peso relacionado com o volume, densidade relativa da água), nas explicações que construíam. Deste modo, o autor realça o contributo que a escrita pode prestar na promoção da construção das explicações científicas, na medida em que envolve processos cognitivos

(definir, organizar, avaliar, reformular), semelhantes aos que são usados aquando da resolução de problemas.

Em jeito de conclusão, pode afirmar-se que os resultados das investigações relatadas apontam num mesmo sentido, no que concerne à forma como os alunos tratam a explicação científica, em contexto laboratorial. Assim, a generalidade dos estudos revistos são reveladores de que os alunos, de diversos níveis de escolaridade e de várias nacionalidades, têm dificuldades em explicar e lidar com dados e evidências, ou seja, em lidar com aspectos que tenham a ver com a recolha de dados e a selecção e utilização de evidências. De facto, os resultados dos estudos em causa são elucidativos quanto ao facto de os alunos, raramente, recorrerem a entidades teóricas, incluídas em modelos, para explicar ou prever fenómenos, o que faz com que a maior parte das previsões e/ou explicações que elaboram resulte directamente dos dados, contrariamente ao que acontece em Ciências.

2.5. Notas finais

A análise de literatura referente, quer acerca dos princípios defendidos pela comunidade científica e pelos documentos oficiais, no que respeita à importância da compreensão das explicações científicas e da sua natureza, quer acerca das potencialidades e limitações do ensino e da aprendizagem das explicações de fenómenos físicos e naturais, parece sugerir que:

- O desenvolvimento da competência científica dos alunos, para tratar com assuntos científicos e participar, activamente, em processos de tomada de decisão que envolvam esses assuntos, implica promover não só concepções epistemologicamente adequadas acerca das teorias, das evidências e da relação entre ambas, mas também a aprendizagem de formas de usar evidências, escolhidas entre uma diversidade de dados disponíveis (Sadler, 2004; Hogarth *et al.*, 2005);
- O ensino das Ciências pode ajudar na promoção dessa competência científica dos alunos, desde que não se restrinja ao simples conhecimento de factos e ideias acerca do mundo actual ou à mera “descoberta” de conhecimentos a partir de uma “receita”, mas antes valorize conhecimentos procedimentais, relacionados com a recolha de dados e a selecção e utilização de evidências (Millar & Osborne, 1998; Leite, 2001);

- A aprendizagem baseada na resolução de problemas, realizada em contexto laboratorial, pode constituir um óptimo contributo para que, nas aulas de Ciências, os alunos desenvolvam conhecimento tácito acerca da inter-relação teoria/evidência/explicação científica (Hogarth *et al.*, 2005);
- O trabalho de laboratório na multiplicidade de atitudes investigativas que pode contemplar (Vieira & Vieira, 2006), pode contribuir para a promoção da capacidade de os alunos explicarem e lidarem com dados e evidências, nomeadamente, ajuizando sobre essas evidências (Taylor, 2001; Taylor & Dana, 2003), no que respeita à possibilidade de suportarem as conclusões pretendidas (Hogarth *et al.*, 2005);
- Os manuais escolares, contudo, não promovem uma adequada inter-relação dados/evidências/conclusões, tendo os alunos poucas oportunidades de desenvolver competências neste domínio e, conseqüentemente, dificulta a aprendizagem da explicação de fenómenos físicos e naturais com que contactam (Jiménez & Perales, 2002; Leite, 2002; Leite & Figueiroa, 2002);
- Professores, futuros professores e alunos revelam adoptar inadequadas formas de interrelacionar teorias, evidências e explicações (Afonso & Leite, 2004; Kanari & Millar, 2004; Sandoval & Reiser, 2004): os professores, na maior parte dos casos, limitam-se a descrever os fenómenos ou a explicá-los de forma indiferenciada (Newton, 2002; Kikas, 2004), usando acriticamente dados, por vezes parciais, resultantes da observação e modelos teóricos pouco complexos e pouco estruturados (Edgington, 1997); os alunos explicam as situações problemáticas, com que são confrontados, com base em “teorias” prévias, frequentemente próximas do senso comum, chegando a rejeitar as evidências empíricas que as contrariam;
- Torna-se necessário que os manuais escolares e os professores de Ciências dêem mais atenção à inter-relação entre teoria/evidência/explicação, no sentido de ajudarem aos alunos a aprender a lidar, de diferentes maneiras, com os vários tipos de dados, a fim de que estes aprendam a construir teorias a partir de dados, a avaliar empiricamente as teorias que lhe são ensinadas e a realizarem previsões teóricas acerca de fenómenos físicos e naturais.

Face à relevância das constatações que acabam de ser apresentadas, resta-nos, então, saber o que se passa em Portugal, com os manuais escolares, com os professores e com os próprios alunos do Ensino Básico, em relação a esta temática.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Introdução

O terceiro capítulo reserva-se à apresentação e à fundamentação dos procedimentos utilizados para a concretização dos objectivos delineados para a presente tese. Visando uma maior clarificação desses procedimentos, dividiu-se o capítulo em três sub-capítulos, correspondentes aos assuntos focados nas três principais questões de investigação, designadamente: as explicações científicas associadas às actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares de Ciências, do Ensino Básico (3.2); as explicações que os professores admitem que os alunos deverão ser capazes de formular acerca de fenómenos físicos e as que eles próprios consideram como mais adequadas (3.3); e, as explicações que os alunos do Ensino Básico constroem, acerca de determinados fenómenos físicos, reproduzidos em contexto laboratorial (3.4). Cada um destes três sub-capítulos apresenta-se dividido em seis secções que abordam, especificamente: a descrição sintética do estudo; a caracterização da população e da amostra utilizada para a consecução do estudo, incluindo-se, ainda, os critérios conducentes à sua selecção; a escolha e a justificação dos instrumentos de que nos servimos para a recolha de dados; a descrição da construção e da validação dos instrumentos de recolha de informação; os procedimentos usados na recolha dos dados e, por fim, as formas de tratamento e a análise de toda a informação recolhida.

3.2. As explicações de fenómenos físicos associadas às actividades laboratoriais em manuais escolares de Ciências do Ensino Básico

3.2.1. Descrição do estudo

É pretensão básica deste estudo investigar de que forma os manuais escolares de Ciências, do Ensino Básico (1º, 2º e 3º ciclos) tratam a explicação científica, nas actividades laboratoriais que propõem, especificamente, nas que constam dos tópicos relacionados com as “características e os comportamentos do ar”. Este conteúdo programático abrange assuntos que envolvem o domínio do

não observável e que podem ser explicados a vários níveis e abordados em quase todos os anos da escolaridade básica. Além disso, relaciona-se com fenómenos da vida diária dos alunos que servirão de base para a compreensão de fenómenos mais complexos em anos posteriores. Após uma primeira apreciação dos manuais escolares de Ciências, do Ensino Básico, verificou-se que apenas os respeitantes aos 4º, 5º e 8º anos de escolaridade incluem actividades laboratoriais relacionadas com essa temática.

Assim, o presente estudo centrou-se em 30 manuais escolares de Ciências do Ensino Básico (anexo 1), tendo-se utilizado as (re)edições mais recentes de todos os manuais escolares de Ciências dos referidos anos de escolaridade, ou seja, as edições de 2002 (4º ano), 2002 e 2003 (8º ano) e 2004 (5º ano).

As actividades laboratoriais seleccionadas para análise, num total de 124 actividades, distribuíam-se da seguinte forma:

- 65 actividades incluídas nos manuais escolares relativos ao 4º ano de escolaridade (Estudo do Meio), inseridas na unidade “Experiências com o ar” e distribuídas por dois tópicos, designadamente, “Combustão” e “Pressão atmosférica”;
- 31 actividades integradas nos manuais escolares respeitantes ao 5º ano de escolaridade (Ciências da Natureza), presentes na unidade “Importância do ar para os seres vivos” e repartidas por dois tópicos programáticos, nomeadamente, as “Propriedades do ar” e “Constituição do ar”;
- 28 actividades inseridas nos manuais escolares pertencentes ao 8º ano de escolaridade (Ciências Físico-Químicas), incluídas na unidade “Os materiais” e divididas por dois conteúdos programáticos, especificamente, “Propriedades físicas” e “Propriedades químicas dos materiais/substâncias”.

Após a identificação e selecção das actividades relevantes para o estudo, procedeu-se a uma análise qualitativa das mesmas, não só no que respeita aos tipos de explicação associados às referidas actividades, mas também no que concerne à inter-relação dados/evidências/conclusões. Para o efeito, baseámo-nos, respectivamente, uma tipologia de explicações proposta por Martin (1972) e uma grelha de análise já utilizada, por nós, em estudos anteriores (Leite & Figueiroa, 2002; 2004).

Posteriormente, efectuou-se uma análise quantitativa dos dados obtidos, a fim de averiguar a representatividade relativa das diferentes categorias usadas na análise de cada um dos aspectos considerados (tipo de explicação e inter-relação dados/evidências/conclusões) e, por conseguinte, da diversidade, ou não, dos manuais escolares seleccionados, no que respeita ao modo como tratam a questão da explicação associada às actividades laboratoriais.

3.2.2. População e amostra

Na investigação qualitativa, raramente os investigadores trabalham com todos os indivíduos que compõem a população, ou seja, com a totalidade dos indivíduos aos quais pretendem generalizar os resultados obtidos na investigação (Gall, Gall & Borg, 2003). Na verdade, por questões relacionadas com a falta de tempo, com a falta de recursos ou com a natureza da própria investigação, torna-se difícil e, por vezes, impossível, considerar, em termos de recolha e de análise de dados, todos os sujeitos da população definida. Deste modo, há que recorrer a uma amostra, seleccionando-se, para o efeito, uma parte dessa população, de forma que a referida amostra seja representativa da população definida (Gall, Gall & Borg, 2003). Recolhe-se, então, dados junto da amostra e generaliza-se para a população.

Em relação ao presente estudo e em conformidade com as questões de investigação definidas inicialmente, a população por ele contemplada engloba todos os manuais escolares de Ciências, destinados ao Ensino Básico, que abordavam o conteúdo escolhido para análise (“características e comportamentos do ar”) e que se encontravam em vigor. Era, ainda pretensão, investigar os manuais editados o mais recentemente possível, e, por isso, passíveis de adopção e de utilização nas escolas portuguesas do Ensino Básico.

Assim sendo, em função dos objectivos definidos para este estudo, não houve selecção de uma amostra, tendo-se trabalhado com toda a população. Esta é constituída por um conjunto de manuais escolares de Ciências que inclui 14 manuais escolares do 4º ano de escolaridade (Estudo do Meio), editados ou reeditados em 2002, nove manuais escolares do 5º ano de escolaridade (Ciências da Natureza), editados ou reeditados em 2004 e sete manuais escolares do 8º ano de escolaridade (Ciências Físico-Químicas), editados ou reeditados em 2002 e 2003.

A este respeito convém salientar que os manuais escolares de Ciências Físico-Químicas, editados nos três anos em causa (2002 a 2004), incluem os quatro temas gerais estabelecidos pelo

actual Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001) e à volta dos quais se organiza o ensino das Ciências, designadamente: Terra no Espaço e Terra em Transformação (2002), Sustentabilidade na Terra (2003) e Viver melhor na Terra (2004). Após uma primeira consulta aos referidos manuais escolares, verificou-se que as actividades que têm a ver com o assunto escolhido para este estudo (“características e comportamentos do ar”) só surgem nos manuais que contemplam os temas “Sustentabilidade na Terra” e “Terra no Espaço” e/ou “Terra em transformação”, pelo que, do presente estudo, apenas fazem parte os manuais escolares de Ciências Físico-Químicas editados em 2002 e em 2003.

Feita uma primeira análise dos manuais escolares de Ciências incluídos neste estudo, houve a necessidade de, em função das questões de investigação estabelecidas, inicialmente, identificar as actividades a submeter a análise, ou seja, as actividades pertencentes ao tema “características e comportamentos do ar”.

3.2.3. Selecção da técnica de recolha de dados

Tendo em conta as diferentes opiniões acerca dos critérios que garantem a objectividade de uma investigação (Lessard, Goyette & Boutin, 1994), torna-se conveniente recorrer a mais do que um método na recolha de informações ou a outras formas de redução da subjectividade, nomeadamente, ao acordo entre juizes ou à repetição de análise (De Ketele & Roegiers, 1996).

Na verdade, quando a investigação contempla uma análise, fundamentalmente, de carácter qualitativo, quer a recolha das informações, quer a respectiva análise, podem ser influenciadas pela interpretação do investigador (Bardin, 1997). Assim sendo, o investigador vê-se obrigado a criar os seus próprios significados, sobretudo, quando se trata de analisar documentos escritos que fazem parte do passado e acerca dos quais não há a possibilidade de contactar os respectivos autores e/ou leitores, a fim de esclarecer dúvidas surgidas ao longo da análise, tais como: finalidades dos autores, condições de trabalho e audiências a que se destinam (Gall, Gall & Borg, 2003).

É o que acontece, por exemplo, quando se analisa um documento escrito. Apesar de a análise de documentos ter a vantagem de poder abranger um espaço muito mais amplo e reportar-se a um tempo muito mais longínquo (Delory, 2003), do que outras técnicas de recolha de dados (o inquérito por entrevista, o inquérito por questionário e a observação), associa-se-lhe, contudo, uma forte possibilidade de subjectividade (De Ketele & Roegiers, 1996; Gall, Gall & Borg, 2003). De facto, a

comunicação estabelecida é indirecta, fazendo-se, apenas, através do documento, e num só sentido (autor → investigador), tornando-se difícil, se não impossível, confirmar a veracidade e/ou a fiabilidade das interpretações que são feitas do seu conteúdo (De Ketele & Roegiers, 1996; Delory, 2003).

No caso do presente estudo, perante as dificuldades inerentes à análise documental, as quais podem questionar a validade de uma investigação, houve necessidade de encontrar formas de eliminar e/ou diminuir a eventual subjectividade colocada pelo investigador, com vista a salvaguardar, tanto quanto possível, a objectividade do estudo. Assim, tendo em conta tanto o tipo de documentos a analisar (actividades laboratoriais inseridas em manuais escolares), como a necessidade de estabelecer critérios para as analisar, quanto aos dois aspectos considerados (tipos de explicação e inter-relação dados/evidências/conclusões), achou-se que o mais sensato seria optar pela utilização de grelhas, dado que podem minimizar a subjectividade no processo de recolha e análise dos dados (Lessard, Goyette & Boutin, 1994), se forem adequadamente usadas, aumentando e garantindo, assim, uma maior validade dos resultados. Para além da faceta vantajosa do recurso a grelhas de análise, os documentos que fazem parte deste estudo (manuais escolares) são documentos actuais, recentes e em circulação. Este facto permite ao investigador intrusar-se no contexto em que os mesmos foram produzidos, neste caso, no que respeita à audiência (professores e alunos) a que se destinam (Gall, Gall & Borg, 2003).

Associada à análise documental, surge a análise de conteúdo que, frequentemente, envolve a categorização dos dados recolhidos, podendo, posteriormente, envolver a determinação de frequência por categorias (Lessard, Goyette & Boutin, 1994; Gall, Gall & Borg, 2003; McMillan & Schumacher, 2006). Assim, seleccionam-se categorias *a priori* e, deixou-se em aberto a possibilidade de definir subcategorias *a posteriori*, com o intuito de não só organizar os dados, mas também de reduzir a subjectividade da análise e de conferir uma maior fiabilidade aos resultados. Esta forma de redução dos dados “brutos”, por agrupamento dos mesmos, em torno de categorias de análise, permite ainda organizar, de forma prática e sintética, todas as informações obtidas, conseguindo-se uma visualização mais simplificada de todo o conjunto dos dados (Bardin, 1995). Segundo a opinião desta especialista, o recurso à categorização, em termos de redução da subjectividade, revela-se vantajoso, pois tem como suporte certas condições de que o próprio processo se reveste, especificamente: i) cada resposta não poderá constar em dois grupos, simultaneamente (exclusão mútua); ii) cada conjunto de categorias é feito com base num só princípio de classificação (homogeneidade); cada um destes grupos de categorias é adaptado à(s) finalidade(s) do estudo (pertinência); iii) a inclusão de uma resposta numa

determinada categoria tem por base variáveis e índices definidos com precisão, o que diminui o perigo da subjectividade; iv) as várias categorias formadas tornam-se produtivas a nível de inferências e hipóteses (produtividade).

No caso específico do presente estudo, a categorização das explicações incluídas nos manuais escolares fez-se tendo por base um conjunto de categorias, previamente definidas, e que se será apresentado, de forma pormenorizada, nas secções seguintes.

3.2.4. Instrumento de recolha de dados

Sendo propósito básico deste estudo, conforme já foi referido, analisar a forma como os manuais escolares de Ciências, do Ensino Básico, lidam com a explicação científica, nas propostas de actividades laboratoriais que incluem no conteúdo programático “características e comportamentos do ar”, efectuou-se uma consulta detalhada às propostas de análise que a literatura inclui nesse domínio, algumas delas já usadas em estudos anteriormente realizados e já descritos no segundo capítulo.

Assim, em relação às explicações científicas acerca de fenómenos naturais, as propostas de análise existentes centram-se em aspectos vários, tais como: tipo de explicação produzida, definido em função da natureza da questão subjacente a essa explicação (Martin, 1972); tipo de raciocínio utilizado pelos alunos, nas explicações que formulam (Driver *et al.*, 1997); natureza da linguagem utilizada nas explicações apresentadas pelos manuais escolares (Unsworth, 1997; 2001); evidências empíricas e imagens incluídas nos manuais (Jiménez & Perales, 2002); tipos de relações envolvidas nas explicações apresentadas em textos explicativos (Newton *et al.*, 2002); inter-relação dados/evidências/conclusões, implícita em actividades laboratoriais propostas por manuais escolares (Leite & Figueiroa, 2004).

Entre estas formas de análise das explicações científicas relativas a fenómenos físicos, importantes nos diferentes aspectos que contemplam, não há, todavia, nenhuma que sirva, sem adaptação, para a recolha das informações necessárias à concretização das questões de investigação estabelecidas para esta investigação.

Em relação à proposta de análise que Driver *et al.* (1997) apresentam, ainda que revele afinidade com o objectivo básico do presente estudo, na medida em que inclui os tipos de raciocínio a que os alunos recorrem quando elaboram as explicações, não nos serve, contudo, como suporte e

ponto de partida para o trabalho de análise proposto, na medida em que este será mais centrado nas características formais das explicações.

Por seu turno, a proposta de análise sugerida por Unsworth (2001), considera três vertentes do processo explicativo, nomeadamente, as etapas constituintes de um texto explicativo, as formas de alcançar o raciocínio típico da explicação (recorrendo ao uso de conjunções) e a natureza das palavras (nomes) derivadas de verbos e utilizadas para designar (“nominalizar”) os fenómenos e as relações envolvidas nas explicações. Esta forma de análise pouco tem a ver com o presente estudo, uma vez que se centra, sobretudo, em aspectos linguísticos.

Quanto à sugestão de análise apresentada por Newton *et al.* (2002), apesar de incluir nove categorias, definidas em função da situação que os textos explicativos estabelecem ou solicitam aos alunos (condição, consequência, causa, intenção, previsão, finalidade, atenção directa, irrelevante e não identificada), trata-se, todavia, de uma proposta de análise também mais direccionada para a vertente semântica da explicação, do que para a vertente procedimental (recolha de dados, selecção de evidências, conclusão com base nessas evidências, ...), considerada relevante do presente trabalho de investigação.

No que respeita à proposta de análise apresentada por Martin (1972) e à qual já se fez referência no capítulo II (secção 2.3.1.), dela constam cinco tipos de explicação (descritivo, causal, interpretativo, preditivo e intencional), definidos em função da natureza da questão subjacente à explicação. Embora essa tipologia de explicações apresente bastantes afinidades com os objectivos do presente estudo, um dos tipos de explicação que inclui, mais precisamente, o tipo intencional, tem a ver com a explicação da importância de investigar determinado fenómeno (a nível da comunidade científica), não tendo a ver, propriamente, com a explicação de fenómenos físicos reproduzidos em contexto escolar, mais propriamente, em contextos laboratoriais.

Contudo, os restantes quatro tipos de explicação foram usados por Leite & Figueiroa (2004), depois de serem adaptados à classificação das explicações associadas às actividades laboratoriais. À semelhança do que acontecia na proposta de Martin (1972), cada tipo de explicação incluído na tipologia proposta por Leite & Figueiroa (2004) tem subjacente uma questão. Esta última tipologia considera quatro tipos de explicação (descritivo, causal, interpretativo e preditivo) que foram já referidos no capítulo anterior (capítulo II).

Após uma apreciação deste conjunto de propostas de análise, considerou-se que a que mais se adequa aos objectivos do estudo e ao material a analisar, é a usada por Leite & Figueiroa (2004). No

quadro 1 caracterizam-se esses tipos de explicação, bem como as questões que subjazem a cada um deles e, ainda, exemplos de explicações de cada um dos tipos considerados.

Quadro 1

Caracterização dos diversos tipos de explicação considerados para efeitos de análise de dados (extraída de Leite & Figueiroa (2004))

Tipo de Explicação	Características da explicação	Questão subjacente	Exemplos
Descritivo	Consiste num relato do comportamento (natural ou provocado) do fenómeno.	Como se comporta o fenómeno? O que acontece com o fenómeno?	O aluno coloca água de cal num ambiente rico em CO ₂ . Observa que a água de cal turva. <u>Explicação:</u> a água de cal turva na presença de CO ₂ .
Causal	Apresenta um mecanismo, baseado em relações do tipo causa-efeito, através do qual as entidades envolvidas no fenómeno originam o comportamento observado	Porque é que o fenómeno se comporta de determinada forma? Qual é a causa do fenómeno?	O aluno compara o comportamento de um pavio em brasa no seio de ar e no seio de oxigénio (manipulação da concentração de O ₂). Constata que o pavio aviva no seio de oxigénio. <u>Explicação:</u> O oxigénio aviva as combustões (é um gás comburente)
Preditivo	Antecipa o comportamento de um fenómeno, quando submetido a determinadas condições, com base em conhecimentos prévios com ele relacionados. O comportamento previsto poderá depois ser testado.	Como se comportará o fenómeno sob a condição X?	Sabe-se que uma combustão precisa de um combustível e de um comburente: Sabe-se que o oxigénio é comburente. <u>Explicação:</u> Se um pavio em brasa for colocado no seio de oxigénio, então ele deverá avivar porque o oxigénio é comburente. Poder-se-á testar se isso acontece ou não
Interpretativo	Consiste na identificação das entidades envolvidas no fenómeno, bem como dos seus comportamentos espaciais e temporais, de modo a facultar uma compreensão do fenómeno.	Em que consiste o fenómeno? Que entidades envolve?	O aluno sabe (ou obtém a informação) que o ar contém oxigénio e que as combustões precisam de oxigénio. Coloca a vela acesa dentro de uma campânula em que há ar e constata que, passado algum tempo, a vela apaga-se. <u>Explicação:</u> Dado que se sabe que a combustão precisa de oxigénio, que no ar existe oxigénio e que a quantidade de oxigénio disponível era limitada (a vela estava em recipiente fechado) isso significa que deixou de existir oxigénio suficiente para a combustão.

Conforme se constata pela descrição das características de cada um dos tipos de explicação, a explicação descritiva é a menos complexa em termos de raciocínio, resultando directamente dos dados recolhidos. Este tipo de explicação confirma/descreve o comportamento do fenómeno, o que se faz/o que acontece, sem apresentar os motivos/as causas responsáveis pela ocorrência do acontecimento/fenómeno. Centra-se, portanto, no nível do observável.

Por seu lado, a explicação do tipo causal é elaborada com base numa relação do tipo causa-efeito, sendo mencionadas, especificamente, as entidades envolvidas e causadoras do fenómeno observado, ou seja, as consequências por elas produzidas. Ultrapassa, pois, a etapa da observação, explicitando o mecanismo responsável pela ocorrência do fenómeno, o qual poderá envolver variáveis, designadamente, físicas. No que respeita às explicações interpretativas, o aluno, antes da realização da actividade, dispõe já de conceitos, princípios e modelos relevantes, os quais deverão ser usados para dar sentido aos dados obtidos e, assim, construir a explicação do fenómeno. A construção de uma explicação deste tipo requer a identificação dos conhecimentos conceptuais e/ou dos modelos

adequados ou ainda a elaboração de um “novo” modelo. Este tipo de explicação é, portanto, dos três tipos já referidos, o que se revela mais complexo. As explicações preditivas, por sua vez, têm a ver com a elaboração de previsões, com base na utilização de modelos teóricos, previamente conhecidos. Esses modelos, eventualmente em conjunto com o conhecimento do comportamento do fenómeno sob determinadas condições, permitem que se faça uma previsão do que acontecerá em circunstâncias desconhecidas. As actividades laboratoriais e os dados por elas fornecidos servirão para testar essa previsão.

Esta tipologia de explicações foi já usada num estudo com características semelhantes às deste estudo (analisar e classificar os tipos de explicação presentes nas actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares de Ciências), pelo que foi a escolhida para a concretização do trabalho de análise a que nos propusemos.

Em relação à análise da inter-relação dados/evidências/conclusões, conhece-se, apenas, a grelha, previamente elaborada por Leite & Figueiroa (2004) e que é constituída por uma variedade de categorias (oito categorias) que estão distribuídas por duas relações: a relação dados/evidências e a relação evidências/conclusões (quadro 2). Aquelas categorias vão desde a recolha dos dados e a selecção dos que constituem evidências de uma dada conclusão, até à formulação dessa mesma conclusão, acerca de determinado fenómeno natural.

A categoria A (somente os dados que constituem evidências da conclusão pretendida) foi desdobrada em evidências directas (A1) e em evidências indirectas (A2), a fim de possibilitar a diferenciação no que respeita à recolha de dados que conduzem a cada um dos tipos de evidências. Ainda que ambos os tipos de evidências (evidências directas e evidências indirectas) forneçam suporte às conclusões pretendidas, no caso das evidências indirectas torna-se necessário que o aluno conheça e saiba interpretar consequências do fenómeno ou de partes dele sobre terceiros, sendo um segundo fenómeno que informa (indirectamente) sobre o primeiro fenómeno. Actividades que envolvem recolha de evidências indirectas revestem-se, portanto, de maior complexidade e nem sempre o sucesso é conseguido pelos alunos, mesmo pelos que frequentam o ensino superior (Leite & Esteves, 2005).

Por parecer adequada aos objectivos do nosso estudo e ter sido útil num estudo (Leite & Figueiroa, 2002), semelhante a este, a forma de analisar a inter-relação dados/evidências/conclusões apresentada no quadro 2 foi adoptada no presente estudo. De facto, conforme já se referiu, a pormenorização das categorias estabelecidas permite abranger, no trabalho de análise a que nos

propusemos, as várias situações passíveis de acontecerem aquando da realização de uma determinada actividade, respeitantes à (in)suficiência do conjunto de dados a recolher, nomeadamente:

- Serem em número igual ou superior às evidências que são precisas para suportar e/ou rejeitar determinada ideia;
- Serem (ou não) intencionalmente delimitados;
- Serem (ou não) acessíveis aos sentidos de quem executa a actividade;
- Constituírem (ou não) evidências das conclusões.

Quadro 2

Categorias de análise da inter-relação dados/evidências/conclusões
(extraída de Leite & Figueiroa (2004))

Aspectos	Categorias		Exemplos
Relação dados/ /evidências	recolhem-se	A. apenas os dados que constituem evidências	A1.directas Pretende-se verificar se o ar é ou não compressível. Observa-se que o <i>volume ocupado pelo ar</i> contido numa seringa <i>diminui</i> quando o êmbolo é empurrado.
			A2.indirectas Pretende-se verificar que numa combustão há produção de CO ₂ . Observa-se que a <i>água de cal turva</i> - evidência indirecta do aumento de CO ₂ .
		B. alguns dados que são evidências mas insuficientes	Pretende-se explicar a subida de um sumo no interior de uma palhinha de refresco. Observa-se que, quando se chupa na palhinha, <i>o sumo sobe</i> . Falta medir <i>pressão</i> .
		C. todos os dados que são evidências e outros dados	Pretende-se verificar se numa combustão há consumo de oxigénio. Observa-se que, quando uma vela arde no interior de uma campânula colocada numa tina com água, o nível da água no interior da campânula sobe quando a vela se apaga, a campânula embacia, a temperatura sobe e a <i>concentração de O₂</i> (medida com um sensor) <i>diminui</i> .
		D. alguns dados que são evidências e outros dados	Pretende-se verificar quais as variações de gases que ocorrem devido a uma combustão. Observa-se que, quando uma vela arde no interior de uma campânula colocada numa tina com água, o nível da água no interior da campânula sobe quando a vela se apaga, a temperatura sobe e a <i>concentração de O₂</i> (medida com um sensor) <i>diminui</i> , a <i>água de cal turva</i> . Falta recolher, por exemplo, evidências da formação de vapor de água.
Relação evidências/ /conclusões	elaboram-se	F. com base nas evidências necessárias e suficientes	Pretende-se verificar se o ar é ou não compressível. Empurra-se o êmbolo de uma seringa, com o orifício tapado, e observa-se que o volume ocupado pelo ar diminui. Conclui-se que o ar é compressível.
		G. com base em evidências insuficientes	Pretende-se explicar a subida de um sumo no interior der uma palhinha de refresco. Observa-se que, quando se suga, o sumo sobe. Conclui-se que o sumo subiu devido ao facto de a pressão no interior do pacote de sumo ser inferior à pressão no exterior do mesmo. Não há evidências de que a subida se deva a diferenças de <i>pressão</i>
		H. sem evidências para tal	Pretende-se verificar se numa combustão há consumo de oxigénio. Observa-se que o nível da água no interior de uma campânula que cobre uma vela a arder sobe quando a vela se apaga. Conclui-se que a vela se apagou porque o oxigénio acabou. Não há qualquer evidência de que o O ₂ tenha acabado nem sequer de que tenha sido parcialmente gasto.

Deste modo, e conforme se pode verificar ainda pelo quadro 2, nas propostas de actividades laboratoriais, e mais concretamente, no contexto da recolha de dados, pode acontecer: solicitar-se, somente, a recolha dos dados que constituem evidências da conclusão pretendida; propôr-se a recolha de um grupo mais vasto de dados, de entre os quais serão escolhidas as evidências necessárias; sugerir-se, simplesmente, a recolha de dados que não constituem evidências das conclusões desejadas, ou fornecer-se indicações no sentido de a recolha se centrar em apenas uma parte das evidências necessárias, pelo que as conclusões, nestas duas últimas situações, acabam por ser elaboradas sem o necessário suporte empírico e, a ser possível interpretar as observações efectuadas, isso exigirá o recurso a modelos teóricos. Assim, pelos motivos atrás expostos, considerou-se que esta grelha de análise (Leite & Figueiroa, 2004) seria, dada a sua especificidade, bastante adequada ao trabalho de análise definido para esta parte da investigação aqui relatada.

Uma vez seleccionados os instrumentos considerados adequados para se conseguir obter as informações necessárias, e antes de se iniciar a fase de recolha das mesmas, procedeu-se a um processo de validação dos referidos instrumentos, com vista a uma melhor adequação dos mesmos em relação aos objectivos definidos para este trabalho de investigação. Para o efeito, sujeitaram-se as duas grelhas de análise escolhidas à apreciação de dois especialistas em educação em Ciências. Com base e em conformidade com o parecer positivo dos referidos especialistas, não houve necessidade de se proceder a alterações, pelo que se manteve a estrutura inicial de cada instrumento (grelha de análise dos tipos de explicação e grelha de análise da inter-relação dados/evidências/conclusões).

Dado que houve consenso neste trabalho de apreciação, aplicaram-se, em seguida, as duas grelhas de análise a seis protocolos de actividades laboratoriais (dois de cada um dos três anos de escolaridade considerados neste estudo), pretendendo-se obter informações acerca da objectividade e da adequação dos parâmetros incluídos em cada uma das grelhas aos referidos protocolos. Considerou-se, deste modo, concluído o processo de validação, pois não foi detectado nenhum problema, em termos de aplicabilidade, das referidas grelhas de análise aos protocolos laboratoriais.

3.2.5. Recolha de dados

Uma vez seleccionado o assunto sobre o qual iria versar o trabalho de análise (“características e comportamentos do ar”), seguiu-se a escolha das actividades laboratoriais a analisar, tendo-se

optado pelas que, nos três níveis de escolaridade em que se centra a investigação de que este estudo faz parte, constassem dos tópicos relacionados com o assunto considerado e:

- Apresentassem títulos, tais como: “experiência”; “realizar experiências”; “realizar experiências com o ar” (1º ciclo); “experiências educativas”; “pesquisa”; “actividade de laboratório”; “para investigar”; “experiências” (2º ciclo); “experiência de sala de aula”; “actividade”; espaço experimental”; “ensaios químicos”; “sequência de operações” (3º ciclo). Nestes casos, parece claro estar-se perante actividades que deveriam ser realizadas.
- Surgissem na forma de descrição integrada no texto e que, através da forma verbal com que são iniciadas (“se colocarmos”; “ao colocar ... verifica-se que ...”), não parecem destinar-se a ser realizadas, mas que apresentam uma descrição do que poderia ser feito e obtido.
- Fornecessem as orientações e/ou colocassem questões aos alunos para a formulação da explicação, mesmo que não a incluíssem, de forma explícita.

Não foram consideradas as Investigações, em virtude de, neste tipo de actividades, não serem explicitados os dados a recolher nem a explicação a elaborar (Woolnough & Allsop, 1985; Wellington, 2000; Leite, 2001) e, portanto, não haver matéria suficiente para a análise em causa.

Após a aplicação destes critérios e a consequente identificação das actividades laboratoriais a analisar, efectuou-se, seguidamente, uma análise qualitativa de cada uma delas, em relação aos dois aspectos considerados (tipos de explicação formulados e inter-relação dados/evidências/conclusões). Para o efeito, conforme já se referiu, utilizaram-se, respectivamente, a tipologia usada por Leite & Figueiroa (2004), definida com base na proposta de Martin (1972) e a grelha de análise elaborada pelas mesmas autoras (Leite & Figueiroa, 2004). Este trabalho de análise permite, não só averiguar a natureza das explicações que essas actividades laboratoriais facultam aos alunos, mas também, investigar a natureza da inter-relação dados/evidências/conclusões presente em cada actividade, e, portanto, classificá-las e integrá-las nas categorias consideradas.

Por último, realizou-se uma análise de natureza quantitativa, elaborada com base nos resultados obtidos no trabalho de análise de cariz qualitativo, com a finalidade de identificar a prevalência relativa das diferentes categorias consideradas para cada um dos aspectos analisados.

Dado que a análise das actividades laboratoriais envolve análise de conteúdo que, como referem Bardin (1997) e McMillan & Schumacher (2006), é um processo sujeito ao rigor interpretativo

da investigadora, considerou-se que uma das formas de minorar a subjectividade da análise e maximizar a fiabilidade dos resultados seria a repetição da referida análise. Então, depois de uma primeira análise das actividades laboratoriais presentes nos manuais escolares de Ciências envolvidos no presente estudo, repetiu-se, um mês mais tarde, a análise das actividades laboratoriais. Comparando-se os resultados obtidos nas duas análises efectuadas, constatou-se que os resultados obtidos eram bastantes semelhantes, mas efectuaram-se alguns ajustes em relação às pequenas diferenças detectadas, em termos de classificação das várias actividades, nas respectivas categorias.

3.2.6. Tratamento e análise de dados

Este estudo envolveu uma análise qualitativa, à qual se seguiu um trabalho de análise quantitativa, conseguindo-se, deste modo, as informações consideradas necessárias para a concretização dos objectivos propostos inicialmente para este estudo. A análise de natureza qualitativa envolve a análise do conteúdo das diversas actividades laboratoriais presentes nos manuais escolares de Ciências e a sua classificação no que respeita ao tipo de explicação que disponibilizam ao aluno, bem como à forma como essas actividades interligam os dados, as evidências e as conclusões.

Para a concretização do primeiro aspecto, a classificação das actividades quanto ao tipo de explicação a elas associado, recorreremos à tipologia de explicações, usada por Leite & Figueiroa (2004) e que já se apresentou e descreveu em 3.2.4. Dado que a mesma integra um conjunto de “situações tipo” que incluem exemplos de explicação para cada um dos tipos considerados, aproveitaram-se esses exemplos para se proceder à categorização das actividades analisadas, em função da semelhança que revelavam com as “situações-tipo”.

No que respeita à consecução do segundo aspecto, designadamente, a análise da inter-relação dados/evidências/conclusões, servimo-nos da grelha elaborada por Leite & Figueiroa (2004) e cujas características também já descrevemos, pormenorizadamente, em 3.2.4. Uma vez que a referida grelha de análise inclui uma “situação-tipo” para cada uma das oito categorias que contempla, tomou-se por base cada um desses exemplos, classificando e integrando nessas categorias todas as actividades seleccionadas para análise, em conformidade com a semelhança que apresentavam com cada uma das situações exemplificativas.

Quanto ao processo de análise quantitativa, foi conduzido de forma a identificar a prevalência das diversas categorias definidas para cada um dos aspectos analisados anteriormente. Para o efeito,

calcularam-se frequências por cada categoria e as correspondentes percentagens, por manual escolar, por ano de escolaridade e no conjunto dos três anos de escolaridade (4º, 5º e 8º anos).

Os dados apurados foram organizados em tabelas, para cada aspecto e ano de escolaridade. Refira-se que um dos tipos de explicação pertencente à tipologia de explicações a que se recorreu, especificamente, o tipo preditivo, uma vez que não foi identificado em nenhuma das actividades laboratoriais analisadas, considerou-se, por isso, desnecessário incluí-lo, repetidamente, sem existirem dados para analisar, pelo que não foi inserido em nenhuma das tabelas elaboradas.

Na tentativa de facilitar todo o processo de consulta e de identificação dos manuais utilizados, procedeu-se à codificação de todos eles. Assim, atribuiu-se a cada manual escolar uma consoante, especificamente, a letra M que indica o objecto de análise (manual), seguida de uma outra consoante (P, S ou T), referente ao nível de ensino (1º, 2º ou 3º ciclos) e, por último, um algarismo representativo da ordenação alfabética dos títulos respectivos. Deste modo, a referência aos manuais de cada um dos três níveis de escolaridade surgirá do seguinte modo: (ex: MP1, MP2, ... MP14; MS1, MS2, ... MS9; MT1, MT2, ... MT7).

3.3. As explicações que os professores admitem que os alunos devem formular para fenómenos físicos e as explicações que eles próprios consideram completas

3.3.1. Descrição do estudo

Sendo uma das questões de investigação desta tese analisar as explicações que os professores de Ciências, do Ensino Básico, consideram que os alunos deverão ser capazes de formular acerca de alguns fenómenos físicos, relacionados com os “comportamentos e características do ar”, bem como as que eles próprios consideram ser as explicações completas dos fenómenos em causa, aplicou-se um questionário, organizado em torno de cinco situações problemáticas, centradas em fenómenos físicos respeitantes ao referido tema, a um conjunto de 165 professores (anexo 2), divididos em três subgrupos (com 55 professores cada um), cada um dos quais retirado de cada um dos três ciclos do Ensino Básico (1º, 2º e 3º ciclos). Estes professores leccionavam em escolas dos distritos de Aveiro, Braga e Porto.

No sentido de se obter autorização, por parte das escolas, para a participação dos docentes no preenchimento do referido questionário, contactou-se, verbalmente, o órgão de gestão de alguns

estabelecimentos de ensino, mais precisamente, o Presidente do Conselho Executivo ou seu substituto. Dado que em todos os contactos efectuados se obtiveram respostas favoráveis e franca receptividade para colaborar, a escolha dos professores que iriam participar no estudo acabou por não ficar condicionada por nenhum outro factor que não fosse a disponibilidade de cada um deles, em termos de horário, para preenchimento do questionário.

Dado que o questionário envolvia conhecimentos científicos, foi preenchido, individualmente pelos professores, umas vezes individualmente, sempre na presença da investigadora, ou de uma pessoa da sua inteira confiança, nas próprias escolas onde os docentes leccionavam, evitando-se, assim, situações de consulta ou de troca de informação entre os sujeitos intervenientes. Para que os respondentes se sentissem mais à vontade para responder, pois um questionário com estas características, implica uma certa “exposição” por parte dos professores, no que respeita a conhecimentos científicos, optou-se, somente, pela solicitação da identidade da escola e não pela dos participantes (questionários anónimos).

3.3.2. População e amostra

À semelhança do que aconteceu no estudo anteriormente referido (estudo desenvolvido com manuais escolares), também neste caso, foi necessário identificar a população, em conformidade com as questões formuladas no primeiro capítulo. Assim, a população deste estudo engloba todos os professores de Ciências, do Ensino Básico (1º, 2º e 3º ciclos). Contudo, dado que se trata de uma população composta por um elevado número de indivíduos, torna-se difícil (se não impossível), quer em termos económicos, quer em termos de dispêndio de tempo, considerá-los a todos nesta investigação, para efeitos de recolha e análise de dados. Para além disso, torna-se mesmo desnecessário, tendo em conta que, como referem Gall, Gall & Borg (2003), a partir de uma certa dimensão, o aumento do número de sujeitos que fornecem dados não aumenta, significativamente, a qualidade dos resultados.

Assim sendo, escolheu-se, entre a população seleccionada, uma parte que passou a constituir a amostra utilizada neste estudo. Deste modo, começou-se pela escolha das escolas que nos pudessem facultar o acesso aos professores, aos quais se aplicaria o questionário. Dado que a localização geográfica dos estabelecimentos de ensino não constituía um aspecto específico a ter em conta, optou-se por escolas de uma zona que, em termos de distância, fosse mais acessível à

investigadora. Acrescente-se, ainda, que o conhecimento de algumas escolas e de alguns docentes, por parte da investigadora, acabou por interferir, em alguns casos, na referida escolha das escolas. Assim, parte das escolas foram seleccionadas na base da disponibilidade, critério que, como alertam Gall, Gall & Borg (2003), pode trazer algumas desvantagens, mas que, no nosso caso, não parecem ser relevantes, na medida em que, nas questões de investigação formuladas, somente era necessário que os professores a integrar no estudo, contemplassem dois requisitos, nomeadamente, serem professores de Ciências e leccionarem no Ensino Básico. Assim sendo, qualquer um outro aspecto (tempo de serviço, formação, localização geográfica, género), para além destes dois, não constituía impedimento para que as escolas fossem escolhidas com base na disponibilidade. Todavia, mesmo sem ter sido tomado como critério específico de selecção, as escolas incluídas neste estudo e que contemplam os vários tipos, nomeadamente, EB1, EB 2/3 e escolas secundárias, localizam-se em zonas variadas (diferentes concelhos), de diferentes características, distribuídas por três distritos diferentes, designadamente, Aveiro, Braga e Porto.

Uma vez identificadas as escolas a incluir neste estudo, seguiu-se a escolha dos docentes, em cada uma das escolas seleccionadas, aos quais se aplicaria o questionário. Na selecção dos docentes teve-se em conta a disciplina que os mesmos leccionam e, mais concretamente, o conteúdo programático seleccionado. Assim, à excepção dos professores do 1º ciclo, que funciona em regime de monodocência (todos os professores leccionam Estudo do Meio), nos outros dois níveis de ensino (2º e 3º ciclos) seleccionaram-se professores que tivessem a seu cargo a leccionação de disciplinas nas quais se explora o conteúdo programático seleccionado (“características e comportamentos do ar”), respectivamente, a disciplina de Ciências da Natureza (professores do 4º grupo) e a disciplina de Ciências Físico-Químicas (professores do 4º grupo A).

Para além desta especificidade na escolha dos professores, houve ainda o cuidado de que a referida amostra incluísse um número suficiente de elementos, de forma a reduzir as probabilidades de ela apresentar características diferentes da população de onde foi retirada. A amostra produtora de dados foi inferior à amostra convidada (Gall, Gall & Borg, 2003), não por recusa de participação, por parte dos elementos convidados, mas pelo facto de alguns respondentes, sobretudo, dos subgrupos respeitantes aos 4º e 6º anos de escolaridade, considerarem os alunos incapazes de formular uma explicação, para a maior parte das situações problemáticas. Sabendo nós que os assuntos com que se relacionam essas situações problemáticas fazem parte dos programas dos respectivos anos de escolaridade e, portanto, são conteúdos que os alunos deveriam ser capazes de usar em explicações,

embora, mais ou menos elaboradas, este facto levou-nos a rejeitar uma tal atitude de negação, em relação à possibilidade de os alunos explicarem o fenómeno em causa.

Deste modo, para que, no final, pudéssemos garantir um número razoável de respostas “válidas” que, depois de analisadas, permitissem estabelecer comparações entre os diferentes subgrupos de professores (Gall, Gall & Borg, 2003), houve necessidade de, à medida que se iam obtendo questionários que apresentavam várias respostas “não válidas” (os professores assinalavam o “não” em mais do que duas das cinco situações físicas), ir aumentando o número de professores convidados a preencher o questionário (até cerca de 80 nos 1º e 2º ciclos e 70 no 3º ciclo), até se conseguir obter, por subgrupo, um número de sujeitos (55 elementos) que fosse suficiente para efeitos de obtenção e análise da informação. Apesar de se ter considerado que 50 elementos por subgrupo, seria já um número adequado para se poder concluir, avançou-se, contudo, até aos 55 sujeitos, por “razões de segurança”, pois, na análise final de dados, poderia ter de se excluir mais alguns, no caso de se detectarem respostas incompreensíveis, o que, afinal, acabou por não ser preciso. Desta forma, a amostra produtora de dados (Gall, Gall & Borg, 2003) de que nos servimos para o presente estudo reúne um grupo de 165 professores do Ensino Básico, repartidos por três subgrupos com 55 elementos, cada um deles, e pertencentes a cada um dos três níveis de ensino considerados no estudo (1º, 2º e 3º ciclos do Ensino Básico).

O quadro 3 expõe, para cada um dos três níveis de ensino considerados, as informações relativas à caracterização geral da amostra dos docentes envolvidos neste estudo, designadamente, as que respeitam ao sexo, à formação académica, bem como à situação profissional, ao tempo de serviço e à frequência de cursos de Formação Contínua na área das Ciências, até à data da recolha de dados.

Dado que os 165 docentes participantes constituem um número considerável de indivíduos, optou-se por agrupar os docentes de cada subgrupo, em função dos anos de exercício de funções docentes referidos pelos professores e por cruzar com esta variável as outras variáveis correspondentes aos outros aspectos caracterizadores da amostra.

A – Caracterização dos professores quanto ao género

A amostra de que nos servimos é constituída, maioritariamente, por elementos do sexo feminino (143 professores), incluindo apenas 22 sujeitos do sexo masculino (quadro 3). Esta desigualdade é também notada em cada um dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos),

apresentando, cada um deles, valores muito idênticos, em termos de predominância dos elementos do sexo feminino (47, 50 e 46, respectivamente) e de escassez de elementos do sexo masculino (oito, cinco e nove, respectivamente). Aliás, era de esperar tal discrepância, uma vez que, diz-nos a nossa própria experiência que a profissão docente corresponde a uma população predominantemente feminina, qualquer que seja o nível de ensino.

Quadro 3

Caracterização dos professores participantes no estudo

professores		1º ciclo (n=55)						2º ciclo (n=55)						3º ciclo (n=55)						Total nos três ciclos			
		anos de serviço				Total		anos de serviço				Total		anos de serviço				Total		f		%	
		0/5 (10)	6/10 (15)	11/15 (8)	+ 15 (22)			0/5 (10)	6/10 (12)	11/15 (12)	+ 15 (21)			0/5 (19)	6/10 (13)	11/15 (12)	+ 15 (11)						
situação dos professores		f		%		f		%		f		%		f		%		f		%			
Gênero	fem.	9	13	4	22	48	87.3	9	12	10	19	50	90.9	17	10	10	9	46	83.6	144	87.3		
	masc.	1	2	1	3	7	12.7	1	–	2	2	5	9.1	2	3	2	2	9	16.4	21	12.7		
Formação Académica	bach.	2	13	5	14	34	61.8	–	–	–	3	3	5.4	–	–	–	–	–	–	37	22.4		
	lic.	8	2	3	8	21	38.2	10	10	10	18	48	87.3	18	13	12	9	52	94.6	121	73.3		
	outros	–	–	–	–	–	–	–	2	2	–	4	7.3	1	–	–	2	3	5.4	7	4.3		
Situação Profissional	prof.	10	15	8	22	55	100.0	10	12	12	21	55	100.0	18	13	12	10	53	96.4	163	98.8		
	em prof.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		
	não prof.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	2	3.6	2	1.2		
Frequência de Cursos	sim	–	1	–	3	4	7.3	1	1	–	2	4	7.3	7	2	1	1	11	20.0	19	11.5		
	não	10	14	7	20	51	92.7	9	11	12	19	51	92.7	12	11	11	10	44	80.0	146	88.5		

B – Formação académica dos professores

No que concerne à formação académica dos docentes participantes neste estudo, os mesmos repartiam-se pelas três categorias consideradas, especificamente, “o bacharelato”, “a licenciatura” e “outros” (quadro 3), destinada esta última a incluir qualquer outro tipo de formação, nomeadamente, a pós-graduação. Assim, o subgrupo de professores pertencentes ao 1º ciclo destaca-se, em relação aos demais, na medida em que mais de metade dos docentes (34 professores) que o integravam se

apresentavam habilitados com o bacharelato (Curso das Escolas do Magistério Primário ou da Escola Normal), sendo os restantes detentores de licenciatura (21 professores) e não aparecendo nenhum indivíduo com outro grau académico, para além dos dois referidos. Tendo em conta o número de anos que passaram desde que fizeram a formação inicial que referiram (só após a Portaria 457^a/98 de 29 de Julho, as ESES começaram a licenciar professores do 1º ciclo), presume-se, então, que quase todos os que assinalaram a licenciatura como formação académica se referem aos Cursos de Complemento de Formação Científica e Pedagógica (cursos de Formação Complementar), destinados apenas aos docentes desse nível de ensino, titulares do grau de bacharel ou equivalente, através dos quais lhes é conferido o grau de licenciatura (Portaria n.º 279/99 de 17 de Abril).

Por seu lado, os subgrupos de professores dos 2º e 3º ciclos apresentam uma situação bastante similar, entre ambos, na medida em que possuíam formações semelhantes e em frequências muito idênticas. De facto, estes dois subgrupos de professores eram, maioritariamente, licenciados (48 e 52, respectivamente), acontecendo que, no 2º ciclo, apenas um número muito reduzido se apresentava como bacharel (três professores), enquanto que no 3º ciclo nenhum professor dizia ter esta habilitação académica. É ainda nestes dois subgrupos de professores que surgem alguns elementos habilitados com outra formação, especificamente, o mestrado em Educação (quatro docentes no 2º ciclo e dois docentes no 3º ciclo) e um docente habilitado com uma pós-graduação (curso de especialização em ensino da Física), no grupo de docentes do 3º ciclo.

C - Situação profissional dos professores

No que respeita à situação profissional dos docentes intervenientes no estudo, segundo o que foi possível apurar, a maioria dos professores eram docentes profissionalizados (163 professores), à excepção de dois elementos que constam do grupo de docentes do 3º ciclo, os quais assinalaram que se encontravam na situação de docentes não profissionalizados (quadro 3). Esta situação maioritária de docentes profissionalizados pode dever-se ao facto de, no que respeita aos professores do 1º ciclo, a profissionalização sempre ter sido obrigatória e em relação aos docentes dos 2º e 3º ciclos, talvez tenha sido mera coincidência, uma vez que, nestes dois níveis de ensino, era possível leccionar sem profissionalização (habilitação própria e não suficiente).

D - Tempo de serviço docente dos professores

Quanto aos anos de exercício de funções docentes, por uma questão de uniformidade e porque a recolha de dados ocorreu durante o ano de 2003, estipulou-se uma data limite, especificamente, até 31 de Agosto de 2003 (data habitual para contagem do tempo de serviço, para efeitos de concurso) para que cada docente referisse o tempo de serviço, em anos completos. Conforme já se referiu, criaram-se quatro sub-subgrupos (quadro 3) a partir do tempo de serviço docente indicado pelos professores, correspondendo os três primeiros a intervalos de cinco anos de serviço, especificamente, “0 a 5 anos”, “6 a 10 anos”, “11 a 15 anos” e o último sub-subgrupo aos docentes com “mais de 15 anos” de exercício de funções docentes.

No que respeita a esta variável, os três subgrupos de professores são diferentes, sendo o subgrupo dos professores do 3º ciclo o mais “jovem”. Este facto faz com que as categorias formadas, sejam elas quais forem (considerando intervalos ≤ 10 anos ou > 10 anos, também daria subgrupos diferentes), resultem com dimensões assimétricas e dependentes do subgrupo de professores em causa. Por exemplo, no caso da categoria “mais de 15 anos”, enquanto que nos 1º e 2º ciclos agrupa o maior número de sujeitos (22 e 21 docentes, respectivamente), no subgrupo do 3º ciclo, é a categoria que abrange um menor número de elementos (11 professores). Em contrapartida, o sub-subgrupo “0 a 5 anos” é o que inclui o maior número de indivíduos, no 3º ciclo.

Assim sendo, dadas as diferenças entre as sub-amostras de professores, quanto ao “tempo de serviço docente”, a análise e tratamento de dados não será efectuada em função desta variável.

- *Frequência de cursos de Formação Contínua na área das Ciências*

No que respeita a esta característica, obtivemos informações (quadro 4) concernentes a três aspectos: a) frequência, ou não, de algum curso de Formação Contínua na área das Ciências; b) tema desse curso de Formação Contínua, caso os professores inquiridos tivessem frequentado algum; c) duração de cada um dos cursos por eles referidos.

Quanto à frequência de cursos de Formação Contínua na área das Ciências, embora sejam pouquíssimos (19 docentes) os professores inquiridos que frequentaram algum curso de Formação Contínua na área das Ciências, a configuração apresenta-se bastante diferente, em cada um dos três ciclos do Ensino Básico.

Quadro 4

Frequência de cursos de Formação Contínua (f)

Temas dos cursos	Duração dos cursos	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo
Complemento de Formação Científica e Pedagógica (1º ciclo)	1 ano	3	—	—
Acção de formação na área da Matemática: “Geometria”	25 horas	1	—	—
Acção de formação na área do ensino experimental das Ciências	10 sessões/ /55 horas	—	2	—
Mestrado na área da Educação em Ciências	2 anos	—	2	11
Total		4	4	11

Assim, os professores do 1º ciclo apenas frequentaram cursos de Formação Contínua, de curta duração, designadamente, duração de 25 horas (um docente) e de um ano (três docentes), assim como dois docentes do 2º ciclo (55 horas e 10 sessões). Quanto aos cursos de longa duração (dois anos), nomeadamente, os cursos de mestrado, somente os professores (11 professores) do 3º ciclo os frequentaram (Supervisão Pedagógica em ensino da Física e Química), para além de dois professores do 2º ciclo (Matemática e Ciências da Natureza e Supervisão em ensino das Ciências da Natureza). Os cursos de Complemento de Formação Científica e Pedagógica para professores do 1º ciclo, foram assinalados por alguns docentes deste nível de ensino como sendo cursos de Formação na área das Ciências. Contudo, não o são, propriamente, pois, o plano curricular desses cursos de formação visa uma formação geral, dele constando diversos domínios curriculares disciplinares e não apenas a área das Ciências.

Sintetizando o que acaba de ser referido, em relação às características da amostra utilizada, pode considerar-se que os três subgrupos de professores participantes neste estudo se revelam bastante uniformes quanto ao género (predominantemente, são do género feminino) e quanto à situação profissional (basicamente, quase todos são profissionalizados). Em contrapartida, no que respeita à formação académica e à frequência de cursos na área das Ciências, já não se verifica a mesma homogeneidade, dado que surgem acentuadas diferenças, entre os três subgrupos considerados. Em relação à formação académica, à medida que se avança para o nível de ensino seguinte, diminui, de forma muito acentuada, o número de professores portadores de menor grau académico (bacharelato), enquanto que passa a ser muito maior o número de professores habilitados com o grau académico seguinte (licenciatura), havendo alguns casos (2º e 3º ciclos) com outras habilitações (mestrado e pós-graduação). Em relação à frequência (ou não) de cursos na área das

Ciências, os 1º e 2º ciclos apresentam-se muito semelhantes, o que já não se verifica com o 3º ciclo (subgrupo em que há mais docentes habilitados com cursos de mestrado).

3.3.3. Selecção da técnica de recolha de dados

Visando, através da consecução deste estudo, investigar a natureza das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de construir acerca de alguns fenómenos físicos e confrontá-las com as que eles próprios defendem como mais adequadas, houve necessidade de seleccionar, entre as técnicas habitualmente usadas para obtenção de dados, no domínio da investigação educacional, designadamente, a observação e o inquérito (entrevista, questionário), as que melhor nos serviam para o efeito.

Assim, no que respeita à observação, trata-se de uma técnica que, apoiando-se, ou não, numa grelha de observação, faculta ao investigador a possibilidade da recolha de informações de acontecimentos, directa ou indirectamente (Quivy & Campenhuydt, 2003). Quando comparada com as demais técnicas de recolha de dados, a observação pode ser perspectivada como a que nos faculta as informações mais autênticas sobre os acontecimentos que, de outro modo, não seria possível conseguir.

Todavia, se por um lado esta técnica de recolha de informação apresenta estas facetas vantajosas, relativamente às demais, por outro lado, refira-se que o seu principal inconveniente reside no facto de a presença do investigador (ou da câmara de filmar) provocar algum constrangimento nos sujeitos observados, podendo condicionar os seus comportamentos habituais, levando-os, por conseguinte, a alterar a forma de actuar e, conseqüentemente, a falsear os resultados produzidos. Acrescente-se, ainda, a unidireccionalidade da passagem da informação (observado(s) → observador), facto que sujeita a recolha e a selecção dos dados ao “referencial do observador”, acabando por contribuir, de certa forma, para a subjectividade dos resultados (De Ketele & Rogiers, 1996; Delory, 2003).

No contexto do estudo em causa, a aplicação desta técnica não faria muito sentido, pois, para poder concluir sobre as explicações ensinadas/defendidas pelos professores sobre os fenómenos em causa, seria necessário observar um número elevadíssimo de aulas de diferentes professores. Por outro lado, quer se tratasse de “observação esporádica”, quer se optasse pela “observação consecutiva”, ambas poderiam levar, por parte dos docentes, a uma preparação prévia das aulas e,

consequentemente, das explicações adoptadas para os diversos fenómenos, o que poderia interferir na fiabilidade dos resultados pretendidos com a realização deste estudo.

Em relação à técnica de inquérito por entrevista, alguns especialistas (Patton, 1990) encaram-na como a forma mais adequada de se tomar conhecimento sobre o que pensam as pessoas acerca de certos assuntos, uma vez que se trata de um processo de recolha de informação no qual existe a comunicação directa que, processando-se nos dois sentidos, possibilita uma permanente interactividade dos intervenientes – entrevistado ↔ entrevistador (De Ketele & Rogiers, 1996; Delory, 2003). Deste modo, é vista como uma técnica que minimiza a subjectividade inerente à investigação, maximizando-se a fiabilidade dos resultados.

Transpondo para o caso concreto deste estudo, não obstante os vários aspectos vantajosos que resultariam da aplicação desta técnica, considerou-se que também não seria o melhor processo de se obter as informações necessárias às nossas questões de investigação, pois, também tornaria o processo exageradamente moroso. Por outro lado, dado estarem em causa conteúdos conceptuais que os professores deveriam dominar, embora a níveis de conceptualização diferentes, poderiam sentir-se como que “expostos” ou postos em causa e isso poderia dificultar o processo de recolha de dados, desde logo no momento de aceitar participar no estudo.

Relativamente ao inquérito por questionário, trata-se de uma técnica de recolha de dados que, tal como todas as outras já descritas, apresenta não só vantagens, mas também inconvenientes. Pode incluir-se, entre os aspectos mais proveitosos, o facto de permitir aceder a informações relativas a um considerável número de sujeitos, num curto intervalo de tempo, mesmo que os sujeitos estejam localizados em áreas geográficas dispersas (Gall, Gall & Borg, 2003). Acresce, ainda, o facto de ser possível o sujeito passar a informação através de um questionário para o investigador, e não directamente para este, o que faz com que, por um lado, o investigador não influencie as respostas dos inquiridos e, por outro lado, se possa manter o anonimato das respostas, aspecto que não é conseguido com o inquérito por entrevista.

Porém, ainda que o questionário se revele vantajoso nos aspectos enumerados, o facto de mediar a comunicação (inquirido ↔ questionário ↔ investigador) (De Ketele & Rogiers, 1996; Delory, 2003) e evitar o contacto directo de ambas as partes, pode, todavia, limitar a interpretação das respostas obtidas, impedindo o esclarecimento de incertezas e dúvidas, relacionadas com as questões, interferindo, deste modo, negativamente, na fiabilidade dos resultados. Quando o investigador não tem acesso à identificação do respondente, fica impossibilitado de confirmar ou esclarecer dúvidas no que

respeita à interpretação e/ou ao significado implícito nas respostas dadas (De Ketele & Rogiers, 1996). Para além deste aspecto, há ainda que ter em conta que, dadas as condições de aplicação (a comunicação não é directa, mas mediada), esta técnica pode não garantir a obtenção de respostas, por parte de todos os membros da amostra, o que pode pôr em causa a representatividade desta, pois, nada nos garante que se consiga obter uma considerável (ou total) taxa de retorno dos questionários distribuídos, nem tão pouco que todas as questões neles incluídas sejam preenchidas e, pior ainda, sendo o questionário anónimo, podemos não conseguir comparar a amostra participante com a população a que ela pertence e, portanto, ficar impedidos de avaliar a representatividade daquela.

Neste estudo, depois de ponderar as potencialidades e as limitações das diversas técnicas, o inquérito por questionário foi considerado, apesar de tudo, como a técnica mais adequada para a recolha das informações pretendidas, por razões diversas. Por um lado, a amostra de que nos servimos, integrando 165 elementos, abrange já um número considerável de elementos, o que justifica recorrer a uma técnica de recolha de informação que seja adequada para, num período de tempo relativamente curto, contemplar um vasto número de indivíduos. Por outro lado, e dado que o questionário se centra em conhecimentos científicos, os professores terão mais à vontade para responder por escrito, anonimamente, do que teriam se fossem convidados a fazê-lo no contexto de uma entrevista, onde seriam identificados.

3.3.4. Instrumento de recolha de dados

Passou-se, então, à fase de elaboração do questionário, propriamente dita. Visando obter resposta a uma das questões de investigação equacionadas para a concretização desta tese, especificamente, investigar a forma como os professores de Ciências do Ensino Básico lidam com a explicação científica, em relação a alguns fenómenos físicos, o questionário aplicado aos docentes (anexo 2) foi dividido em duas partes, designadamente: uma primeira parte (parte 1) que inclui questões destinadas a obter informação no que respeita à formação individual e profissional dos docentes e uma segunda parte (parte 2) na qual se integra a descrição de cinco situações problemáticas que se centram em fenómenos físicos relacionados com as “características e comportamentos do ar”.

Optou-se por se considerar cinco situações problemáticas, pelo facto de se tratar de um número que já possibilitava obter dados suficientes que, depois de analisados, já permitiam concluir

acerca da forma como os professores lidam com a explicação de fenómenos físicos. De facto, não se consideraram somente três situações problemáticas, na medida em que os resultados obtidos seriam poucos e, portanto, insuficientes para se poder chegar a qualquer conclusão. Por outro lado, também não se enveredou pela escolha de sete situações problemáticas, pois seria já uma quantidade que poderia levar ao cansaço e saturação, por parte dos respondentes e, por isso, influenciar (negativamente) o preenchimento do questionário.

Sobre cada uma destas situações pergunta-se qual será a explicação que o aluno deverá ser capaz de construir para o fenómeno em causa e, ainda, a explicação que o próprio professor considera ser a mais completa para o mesmo fenómeno físico. Através das respostas dadas pelos professores, às questões colocadas acerca de cada uma das referidas situações, tinha-se como propósitos básicos:

- Conhecer a opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos serem (ou não) capazes de construir uma explicação acerca do fenómeno em causa e, em caso afirmativo, identificar a forma como, segundo os professores, os alunos, no final de cada ciclo do Ensino Básico, deveriam explicar o respectivo fenómeno físico;
- Averiguar se os professores consideram (ou não) suficiente a explicação que indicaram como sendo a que os alunos deveriam formular e, em caso negativo, conhecer o tipo de explicação que eles próprios admitem como completa e adequada, relativamente ao fenómeno físico considerado.

Refira-se que se achou conveniente que as situações constantes do questionário aplicado aos professores fossem as mesmas que, posteriormente, se utilizariam no estudo com os alunos, por uma questão de maior consistência da investigação, no que respeita à comparação dos resultados respeitantes aos dois estudos (professores e alunos). Assim, estabeleceram-se critérios para selecção dessas situações problemáticas, a fim de que as mesmas fossem viáveis, para ambas as situações de intervenção, sendo feita a sua escolha de forma a que versassem o tema seleccionado para a análise de manuais escolares. Sempre que possível, procurou-se que essas actividades fossem similares, mas não exactamente iguais às propostas de actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares, evitando-se, deste modo, que quer alunos, quer professores, já estivessem muito familiarizados com elas, o que, a verificar-se, poderia fazer com que as respostas dadas no contexto desta investigação,

em vez de serem pensadas e conscientes, resultassem de um processo de memorização, centradas em conhecimentos que já possuísem (Leite & Esteves, 2005).

Para facilitar a identificação de cada uma das cinco situações problemáticas (quadro 5) incluídas no questionário, atribuiu-se a cada uma delas um título que tem a ver com o material usado na sua execução, designadamente: “balão dentro da garrafa” (situação problemática 1); “papel dentro do copo” (situação problemática 2); “êmbolo da seringa” (situação problemática 3); “balão na garrafa com água quente” (situação problemática 4) e “água e funil” (situação problemática 5).

Quadro 5

Resumo das principais características das situações problemáticas consideradas

Situação problemática	Conteúdo a explorar	Descrição da actividade
Situação problemática 1 (“balão dentro da garrafa”)	O ar ocupa espaço, exerce pressão e é compressível quando sujeito a pressão	Empurra-se o fundo de um balão “vazio” para dentro de uma garrafa; estica-se o rebordo do balão por cima do gargalo da garrafa e sopra-se para dentro do balão.
Situação problemática 2 (“papel dentro do copo”)	O ar ocupa espaço e exerce pressão	Coloca-se uma folha de papel amarrada no fundo de um copo; introduz-se o copo, na vertical, dentro de uma tina com água.
Situação problemática 3 (“êmbolo da seringa”)	O ar ocupa espaço, exerce pressão e é compressível quando sujeito a pressão	Enche-se uma seringa com ar, tapa-se, de seguida, o orifício da mesma e tenta-se empurrar o êmbolo da seringa.
Situação problemática 4 (“balão na garrafa com água quente”)	O ar ocupa espaço, exerce pressão e é expansível face a um aumento de temperatura	Coloca-se um balão “vazio” no gargalo de uma garrafa de forma a que o fundo do balão fique do lado de fora; introduz-se a garrafa numa tina com água bem quente.
Situação problemática 5 (“água e funil”)	O ar ocupa espaço, exerce pressão e é compressível quando sujeito a pressão	Encaixa-se um funil no gargalo de uma garrafa, colocando-se plasticina na união do gargalo com o funil; posteriormente, deita-se água, de forma rápida, no funil.

Dado que as cinco situações problemáticas versavam o mesmo assunto, incluíam material muito simples e apresentavam uma certa semelhança, no que respeita ao nível de complexidade, considerou-se que a sua ordem de colocação, no questionário, seria indiferente. Para tornar mais claros os procedimentos relativos a cada uma das situações físicas consideradas, bem como a descrição de cada uma delas, decidiu-se incluir no questionário um desenho ilustrativo da actividade em questão.

Uma vez concluído o processo de elaboração do questionário e antes de iniciar, propriamente, a sua aplicação, submeteu-se uma primeira versão do mesmo a um processo de validação. Assim, numa primeira etapa, foi sujeito à apreciação de um grupo de dois especialistas da área da Educação em Ciências, para além da orientadora desta tese, tendo-lhes sido solicitada uma opinião acerca da pertinência e da adequação das actividades escolhidas, bem como da formulação das questões e de outros aspectos que necessitassem de reformulação.

Seguidamente, com base na opinião destes especialistas, efectuaram-se as devidas modificações, substituindo-se algumas actividades por outras consideradas mais adequadas aos objectivos visados e aperfeiçoando-se o enunciado de algumas questões, em prol de uma maior clareza e objectividade. Por último, aplicou-se o questionário a um grupo de doze professores, semelhantes mas não coincidentes com os participantes no estudo e, portanto, que leccionavam os anos de escolaridade relevantes para o estudo (4º, 6º e 9º anos de escolaridade).

Após esta aplicação do questionário aos referidos professores e respectiva análise, verificou-se que não era necessário proceder a alterações do mesmo, nem por questões de tempo, nem por questões de objectividade e/ou clareza da sua estruturação. Assim, obteve-se a versão final do questionário (anexo 2) que foi aplicada a um grupo de indivíduos convidados a participar no estudo e que obedeciam às condições referidas em 3.3.2. Refira-se que questionário era igual para os três subgrupos de professores (1º, 2º e 3º ciclos), alterando, apenas, a indicação do ano de escolaridade, quer no pedido de colaboração, quer na colocação das questões respeitantes cinco situações problemáticas e a situação profissional para os destinados aos professores do 1º ciclo.

3.3.5. Recolha de dados

Uma vez elaborado o instrumento destinado à obtenção das informações necessárias à consecução deste estudo, passou-se à aplicação do mesmo. Assim, o questionário foi aplicado a professores do 1º ciclo, a professores do 2º ciclo (Ciências da Natureza) e a professores do 3º ciclo (Ciências Físico-Químicas).

Todos os questionários foram entregues aos docentes, em mão, pela investigadora ou por pessoas de inteira confiança da investigadora (em alguns casos, já com experiência de investigação), à medida que os mesmos se disponibilizavam para o seu preenchimento. Sempre que possível, este ocorreu no início ou no fim de reuniões de grupo ou de reuniões de departamento, a fim de economizar tempo, quer por parte da investigadora (juntar, de cada vez, o maior número possível de sujeitos), quer por parte dos participantes (evitar deslocarem-se à escola, propositadamente). O preenchimento fez-se sempre em locais sugeridos pelos professores, designadamente, nos gabinetes de direcção de turma, nas bibliotecas ou nos laboratórios das próprias escolas onde os inquiridos leccionavam, em condições que garantiam um mínimo de concentração necessária.

Apesar de cada questionário ser acompanhado de um pedido de colaboração aos colegas, explicitando a finalidade do mesmo, antes do seu preenchimento houve o cuidado de lembrar as suas finalidades, bem como de elucidar acerca de algumas particularidades relativas ao seu preenchimento, nomeadamente, o facto de ser preenchido na presença da investigadora (ou de uma pessoa da sua inteira confiança) e sem recurso a qualquer fonte de informação. Saliente-se que o preenchimento presencial, além de garantir uma boa taxa de retorno, assegurava que as respostas eram individuais, elaboradas sem consulta ou partilha de conhecimentos.

3.3.6. Tratamento e análise de dados

Após a aplicação do questionário, procedeu-se à análise das respostas obtidas. Dado que dele constavam, em cada situação problemática, questões fechadas e questões abertas, as primeiras foram tratadas calculando frequências, por actividade e por nível de ensino, das diferentes opções de resposta e as segundas foram sujeitas a uma análise de conteúdo. Em relação a este último aspecto, identificaram-se as respostas obtidas com base na tipologia de explicação seleccionada para a análise das actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares e que havia sido, previamente usada, por Leite & Figueiroa (2004). A justificação da selecção desta tipologia foi já efectuada em 3.2.4.

Antes de se proceder à classificação final das respostas e, conforme se fez no estudo com manuais escolares (em 3.2.4, no quadro 1), seleccionaram-se, para cada uma das cinco situações problemáticas, a partir das respostas obtidas, alguns exemplos de explicações, para cada um dos quatro tipos de explicação considerados (quadro 6).

Para além das quatro categorias de resposta correspondentes aos quatro tipos de explicação, constituíram-se, ainda, as categorias “não responde” e “respostas incompreensíveis” reservadas, respectivamente, a incluir indivíduos que não responderam à questão formulada ou a incluir respostas incompreensíveis ou descontextualizadas. Posteriormente, cada uma das categorias (tipos de explicação) foi ainda desdobrada em subcategorias, definidas *a posteriori*, em função das respostas obtidas, representando, cada uma delas, uma ideia principal acerca do fenómeno em causa. Estas subcategorias, bem como exemplos de respostas nelas incluídas, serão apresentadas no capítulo IV.

No caso das explicações descritivas, as respectivas subcategorias formaram-se tendo em conta o aspecto em que se centra a descrição do que acontece e/ou do que se observa. No que respeita às explicações causais, tratando-se de fundamentações formuladas com base em relações de causa-

efeito, a formação das subcategorias baseou-se no conceito/característica geral do ar indicado como principal causa da ocorrência do fenómeno em questão.

Quadro 6

Exemplos de explicação para cada um dos tipos de explicação utilizados em cada uma das situações físicas apresentadas

Tipos de explicação Situações problemáticas	Descritivo (o que acontece?)	Causal (por que é que acontece?)	Interpretativo (em que consiste?)	Preditivo (o que acontecerá sob a condição x?)
Situação problemática 1 (balão dentro da garrafa)	Explicação: a garrafa tem ar; o balão não tem espaço; a garrafa não permite; o balão está dentro da garrafa	Explicação: o ar dentro da garrafa ocupa espaço; o ar dentro da garrafa exerce pressão	Explicação: a garrafa tem ar, esse ar é constituído por partículas e está a ocupar espaço; ao soprar no balão, o ar da garrafa comprime-se, diminuindo os espaços entre as partículas; fica algum espaço e o balão enche ligeiramente	Explicação: se um balão vazio for introduzido numa garrafa onde exista ar, então o balão não deverá encher porque o ar da garrafa já está a ocupar espaço, não deixando espaço para o balão com ar.
Situação problemática 2 (papel dentro do copo)	Explicação: a água não chega ao papel; a água não entra no copo;	Explicação: o ar ocupa espaço, mantendo a água fora do copo; o ar dentro do copo exerce pressão	Explicação: no copo existe ar que não tem por onde sair e está a ocupar espaço; esse ar é formado por corpúsculos; ao introduzir o copo dentro de água, as partículas juntam-se e o ar dentro do copo passa a exercer maior pressão que a da água;	Explicação: se um papel for colocado dentro de um copo e este invertido e mergulhado em água, o papel deverá manter-se seco porque o ar que está no copo ocupa espaço e mantém a água fora do copo.
Situação problemática 3 (êmbolo da seringa)	Explicação: a seringa tem ar; não se consegue empurrar o êmbolo até baixo;	Explicação: o ar ocupa espaço e é compressível, pelo que a sua presença na seringa só permite que parte do êmbolo desça; o ar dentro da seringa exerce pressão;	Explicação: na seringa há ar que ocupa espaço e é compressível; o êmbolo ao ser pressionado não desce até baixo porque o espaço que precisaria para ir até ao fim está ocupado pelo ar da seringa que, sujeito à pressão do êmbolo, se comprime (as partículas aproximam-se umas das outras).	Explicação: se introduzirmos ar numa seringa, taparmos o orifício de entrada e pressionarmos o êmbolo, então ele não deverá descer totalmente, porque o ar da seringa se comprime por efeito da pressão do êmbolo, ficando a ocupar parte do espaço que o êmbolo precisaria para descer.
Situação problemática 4 (balão na garrafa com água quente)	Explicação: o ar da garrafa aquece; o ar aquecido sobe;	Explicação: o ar expande-se por acção do calor. dá-se a dilatação do ar; o ar ocupa mais espaço	Explicação: a garrafa tem ar que ocupa espaço; ao aquecer com a água quente, as partículas constituintes do ar movimentaram-se com mais rapidez, provocando um aumento de pressão dentro da garrafa, tendo como única saída o balão que, por isso, encheu.	Explicação: se um balão for encaixado no gargalo de uma garrafa e esta for colocada em água bem quente, então o balão deverá encher porque a água quente aquece o ar da garrafa, fazendo com que as partículas constituintes se agitem e choquem umas com as outras e aumentem a pressão.
Situação problemática 5 (água e funil)	Explicação: a água não entra na garrafa porque: a plasticina impede a água de entrar; a plasticina comprime o gargalo	Explicação: o ar dentro da garrafa ocupa espaço e a presença do ar impede a água de entrar; o ar dentro da garrafa exerce pressão;	Explicação: a garrafa tem ar que não pode sair (tem a plasticina na junção); isso significa que o ar da garrafa ocupa espaço; com as primeiras gotas de água, comprime-se um pouco, continua a ocupar espaço e exerce pressão, não deixando a água entrar toda.	Explicação: se deitarmos água para uma garrafa através de um funil, depois de termos vedado com plasticina o local de união de ambos (funil e gargalo), então a água não deverá entrar na garrafa, por causa do ar que está lá dentro a ocupar espaço e que não tem por onde sair.

Relativamente às explicações interpretativas, o critério de constituição das subcategorias teve por base a forma, mais ou menos explícita, de utilização do modelo teórico que serviu de suporte à fundamentação do fenómeno. Quanto às explicações preditivas, dado que se trata de um tipo de explicação que não foi identificado em nenhuma das explicações formuladas pelos professores, não se constituiu nenhuma subcategoria, uma vez que também já não foi considerada a sua colocação nas tabelas relativas aos dados recolhidos, conforme se fez no estudo com manuais escolares.

Após a definição de categorias e respectivas subcategorias, incluíram-se, em cada uma delas, as respostas que revelavam semelhança de ideias entre si e compatibilidade com a definição adoptada para aquelas.

No capítulo IV, e mais concretamente no sub-capítulo 4.3, todas as informações obtidas no estudo apresentam-se, separadamente, por actividade, intercalando-se a apresentação dos resultados quantitativos com citações extraídas das respostas dos professores, com o intuito de ilustrar a análise efectuada. Por outro lado, sempre que possível, faculta-se o confronto entre a explicação que, na opinião dos professores, deveria ser construída pelo aluno e a explicação considerada adequada pelo próprio docente.

De forma a simplificar a leitura e interpretação dos resultados obtidos, organiza-se e expõe-se, em tabelas, uma síntese quantitativa dos dados apurados em cada situação problemática, por ano de escolaridade e no conjunto dos três anos de escolaridade considerados (4º, 6º e 9º anos).

Tal como se procedeu no estudo realizado com os manuais escolares, também no caso do presente estudo, a fim de facilitar a identificação dos professores, atribuiu-se-lhe uma codificação feita com base nos mesmos critérios. Assim, mantém-se uma consoante inicial, neste caso, a letra P que indica o sujeito (professor), seguida de uma outra consoante (P, S ou T) que se refere ao nível de ensino (1º, 2º ou 3º ciclos) e, por último, um algarismo que representa o número de ordem atribuído aos professores, tendo em conta a data do preenchimento dos questionários. Deste modo, sempre que nos referirmos aos professores do 1º ciclo será do seguinte modo: PP1, PP2, ... PP55. Por sua vez, os professores do 2º ciclo serão mencionados como se segue: PS1, PS2, ... PS55. De forma análoga, os professores do 3º ciclo terão a seguinte codificação: PT1, PT2, ... PT55.

3.4. As explicações que os alunos do Ensino Básico elaboram para fenómenos físicos reproduzidos em actividades laboratoriais

3.4.1. Descrição do estudo

No que respeita ao trabalho desenvolvido com alunos, a questão de investigação formulada consistia em averiguar o tipo das explicações que os mesmos formulam no que respeita a fenómenos naturais sobre “características e comportamentos do ar”, reproduzidos em contexto laboratorial.

Para o efeito, foram utilizadas as mesmas cinco situações problemáticas constantes do questionário aplicado aos docentes, as quais, em situação de entrevista, foram apresentadas a um conjunto de 75 alunos, dos 1º, 2º e 3º ciclos do Ensino Básico e que frequentavam E.B.1, E.B.2,3 e Escolas Secundárias, situadas em diferentes zonas dos concelhos de Vila da Feira (distrito de Aveiro) e de Vila Nova de Gaia (distrito do Porto).

Os alunos foram entrevistados, individualmente, durante, em média, 45 minutos, sobre as cinco situações problemáticas. Na apresentação das situações problemáticas utilizou-se material familiar ao aluno (balões, garrafas, seringa, funil, plasticina, papel, copo, etc.), tendo-se, no entanto, o cuidado de, no início de cada sessão, garantir que o aluno estava familiarizado com o referido material. Em cada uma das cinco actividades, os alunos foram convidados a formular uma previsão fundamentada, perante a descrição da situação e, posteriormente, após a realização da actividade e a observação do fenómeno, foram solicitados a explicar o que observaram.

As entrevistas tiveram lugar nas escolas. Na maioria dos casos, escolheu-se o período destinado às aulas de Estudo Acompanhado, evitando-se, deste modo, que os alunos interrompessem as aulas relativas às áreas curriculares disciplinares. No caso dos alunos do 1º ciclo, ocupava-se o tempo destinado ao intervalo, prolongando um pouco, caso fosse necessário ou o período da hora de almoço. Cada uma das entrevistas, devidamente autorizada pelos responsáveis de cada escola envolvida, foi gravada em áudio e, posteriormente, transcrita e analisada, com vista à identificação do tipo das explicações usadas pelos alunos.

3.4.2. População e amostra

Tal como nos dois estudos apresentados anteriormente, também no processo de elaboração deste estudo procedeu-se à identificação da população, a qual engloba todos os alunos dos anos terminais do Ensino Básico (4º, 6º e 9º anos). Após uma consulta detalhada à programação respeitante aos três níveis de ensino considerados, verificou-se que eram os alunos pertencentes aos referidos anos de escolaridade os únicos que reuniam as condições pretendidas, uma vez que o tema escolhido (“características e comportamentos do ar”) é abordado, em princípio, nos anos anteriores a esses. Quanto ao 4º ano de escolaridade, ainda que o assunto seja abordado nesse mesmo ano, não havia, contudo, outra possibilidade de escolha, dado tratar-se do ano correspondente ao final de ciclo. Daí que, a fim de garantir que o conteúdo já tinha sido leccionado aos alunos, efectuaram-se as

entrevistas com os alunos, o mais tarde possível, especificamente, nos últimos meses do ano lectivo (Maio e Junho), conforme, mais à frente, especificaremos.

Todavia, tendo como base as questões de investigação definidas inicialmente, e uma vez que se trata de uma população formada por um elevado número de indivíduos, torna-se extremamente difícil e desnecessária a recolha e a análise de dados respeitantes a todos os elementos. Assim, pelas razões semelhantes às apontadas, no estudo anteriormente descrito, tornou-se necessário escolher uma parte da população seleccionada, para constituir a amostra de que nos servimos neste estudo.

O processo de selecção da referida amostra iniciou-se com a escolha da área geográfica, respeitante à localização das escolas a que pertenciam os alunos aos quais se aplicaria a entrevista. À semelhança do que se considerou no estudo anterior, também neste caso a localização geográfica das escolas pareceu não constituir um aspecto pertinente a ter em consideração, por se considerar que não interferia na concretização dos objectivos definidos. Assim, e dado que a recolha de dados exigiria várias deslocações da investigadora, apenas se teve em conta o factor distância, ao seu local de residência, pelo que nos restringimos a uma zona (concelhos de Vila da Feira e de Vila Nova de Gaia) que fosse mais acessível à investigadora.

Uma vez delimitada a área geográfica onde se iria trabalhar, seguiu-se para a selecção das escolas frequentadas pelos alunos. A este respeito, com vista a uma maior diversificação da amostra, houve a preocupação de, nos dois concelhos considerados, abranger um leque de estabelecimentos de ensino o mais variado possível, no que respeita ao meio sócio-cultural e/ou económico. Para garantir, pelo menos parcialmente, esta diversificação, decidiu-se que para cada ano de escolaridade se limitaria o número de alunos a cinco, por escola, o que significa que seriam necessárias cinco escolas, por ano de escolaridade.

Identificadas as escolas, algumas delas as mesmas em que se aplicaram os questionários aos professores (conforme já foi referido em 3.3.2, os conhecimentos, por parte da investigadora, de algumas escolas e de alguns docentes, em algumas escolas, acabaram por facilitar, de certa forma, que os professores se dispusessem a ceder os alunos), efectuou-se um contacto verbal com os respectivos órgãos de gestão, solicitando autorização para a participação dos alunos neste estudo. Uma vez obtida receptividade e disponibilidade das escolas para tal, foram, então, incluídas no estudo. Assim, tal como acontecera no estudo desenvolvido com professores, também no caso do presente estudo as escolas foram escolhidas com base na disponibilidade de cada uma, critério este que, tal

como já se esclareceu, no estudo anterior, em 3.3.2, foi irrelevante, tendo em conta as questões de investigação definidas inicialmente.

Assim, integraram-se neste estudo treze escolas (quadro 7), especificamente, cinco escolas EB1, seis escolas EB 2/3 e duas escolas secundárias (com 3º ciclo), pertencentes aos concelhos de Vila da Feira (distrito de Aveiro) e de Vila Nova de Gaia (distrito do Porto) e distribuídas por freguesias diferentes, respectivamente: Corga de Lobão e Fiães, inseridas num meio de cariz rural; Ermesinde, Madalena, Oliveira do Douro, Rio Tinto, Santa Marinha e Vilar de Andorinho, integradas em meios urbanos. Contudo, desta última freguesia, faz parte uma escola que se insere numa urbanização assaz problemática (Urbanização de Vila D'Este).

Quadro 7

Localização e tipo de escolas seleccionadas

Escola		Nível de ensino		
Freguesias	Escolas	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo
Santa Marinha	EB 1 Quinta dos Castelos	√	—	—
	EB 2/3 Teixeira Lopes	—	√	—
Madalena	EB 2/3 Madalena	—	—	√
Vilar de Andorinho	EB 1 Vila D'Este	√	—	—
	EB 1 Balteiro	√	—	—
	EB 2/3 Vila D'Este	—	√	—
Oliveira do Douro	EB 1 Freixieiro	√	—	—
	EB 1 Outeiro	√	—	—
	Escola Secundária de Oliveira do Douro	—	—	√
Ermesinde	EB 2/3 S. Lourenço	—	√	—
Rio Tinto	Escola Secundária de Rio Tinto	—	—	√
Fiães	EB 2/3 de Fiães	—	√	√
Corga do Lobão	EB 2/3 da Corga do Lobão	—	√	√

Segundo informação fornecida pelos responsáveis da direcção de cada uma das escolas, tratam-se de escolas com uma percentagem considerável de alunos provenientes de um meio sócio-económico médio, cujos pais possuem uma formação académica que não vai muito além dos 1º ou 2º ciclos, à excepção da escola localizada na referida urbanização (Vila D'Este), cuja população escolar é, maioritariamente, proveniente de famílias carenciadas, com bastantes dificuldades económicas que sobrevivem com a ajuda do rendimento social de inserção (Lei nº 13/2003), havendo um considerável índice de pessoas (sobretudo as mães) que são analfabetas.

Depois de escolhidas as escolas, passou-se à constituição dos grupos de alunos, tal como foi anteriormente referido. Na tentativa de se conseguir uma amostra diversificada, procurou-se formar, para cada um dos três anos de escolaridade (4º, 6º e 9º anos), cinco grupos de cinco alunos cada um, ou seja, 25 alunos, por ano de escolaridade e 75 alunos, no total dos três níveis de escolaridade. Assim sendo, e tendo em conta o número desejável de indivíduos, por subgrupo (entre 20 a 50 sujeitos), que Gall, Gall & Borg (2003) aconselham, procurou-se que a amostra contivesse um razoável número de indivíduos, quer para efeitos de comparação de subgrupos, quer para diminuir as probabilidades de, em cada subgrupo, ela apresentar características diferentes da população de onde foi retirada. Conseguiu-se, ainda, que a amostra produtora de dados fosse igual à amostra convidada (Gall, Gall & Borg, 2003), dado que o contexto em que as entrevistas se realizaram permitiu obter dados de todos os alunos participantes.

Os cinco grupos de alunos do 1º ciclo (4º ano) eram provenientes de cinco escolas diferentes das escolas de origem dos alunos dos 2º e 3º ciclos (quadro 7). Três grupos de alunos do 2º ciclo eram pertencentes, também, a escolas diferentes (EB 2/3 Teixeira Lopes, EB 2/3 Vila D'Este e EB 2/3 S. Lourenço), das de três grupos de alunos do 3º ciclo (EB 2/3 Madalena, Secundária de Oliveira do Douro e Secundária de Rio Tinto). Todavia, duas escolas EB 2/3 (Fiães e Corga do Lobão) cederam alunos de dois níveis de ensino (2º e 3º ciclos), pelo que, em cada uma delas, se entrevistaram dois grupos de cinco alunos, respeitantes aos referidos dois níveis de ensino. Acresce que, cada grupo de cinco alunos, por escola, para cada um dos 2º e 3º ciclos, integra indivíduos de diferentes turmas e que foram seleccionados de modo a terem diferentes níveis de rendimento escolar, na perspectiva dos respectivos docentes. Quanto aos alunos frequentadores do 1º ciclo do Ensino Básico, tentou-se o mesmo tipo de diversificação mas, dado que algumas escolas participantes somente incluíam uma turma do 4º ano (três escolas), nesses casos (e só nesses), os cinco alunos escolhidos eram retirados da mesma turma, mas de modo a apresentarem níveis diferentes de aproveitamento escolar.

Deste modo, a amostra de que nos servimos para a consecução deste estudo reúne um total de 75 alunos, pertencentes aos últimos anos de escolaridade de cada um dos três ciclos do Ensino Básico. Este grupo de alunos distribuiu-se por sub-amostras com 25 elementos cada uma, especificamente, 25 alunos do 4º ano de escolaridade, 25 alunos do 6º ano de escolaridade e 25 alunos do 9º ano de escolaridade. Acrescente-se, ainda que, as diferentes sub-amostras são heterogéneas, no que concerne ao aproveitamento escolar e semelhantes, entre si, no que respeita ao género: 13 elementos do sexo feminino e 12 sujeitos elementos do sexo masculino (4º ano); 13 alunos

do sexo feminino e 12 do sexo masculino (6º ano); 11 indivíduos do sexo feminino e 14 indivíduos do sexo masculino (9º ano).

3.4.3. Selecção da técnica de recolha de dados

Pretendendo-se averiguar, conforme já tivemos oportunidade de referir, o tipo das explicações científicas que os alunos constroem, quando confrontados com actividades laboratoriais que reproduzem fenómenos físicos, relacionados com as “características e comportamentos do ar”, houve necessidade de, entre as técnicas de recolha de dados que a literatura especializada sugere, escolher uma que se revelasse adequada à recolha das informações necessárias à questão de investigação, inicialmente formulada.

Tendo em conta as várias técnicas de recolha de informação que, habitualmente, servem o domínio da investigação qualitativa e às quais já nos referimos pormenorizadamente no sub-capítulo anterior, designadamente em (3.3.3.), consideramos que a observação não seria um bom processo de recolha de informação, quer porque seria difícil encontrar alunos, “naturalmente”, no dia a dia ou em sala de aula, confrontados com estes fenómenos, quer pelo facto de se pretender obter informação sobre as previsões que os alunos deveriam fazer, antes de observarem o fenómeno, e sobre a explicação que dariam, após a apresentação de cada situação. Assim, de acordo com a pretensão deste estudo, observar, simplesmente, a actuação individual dos alunos em contexto laboratorial, não seria a melhor forma de conhecer a interpretação feita pelo aluno, acerca daquilo que ele observasse, nem tão pouco de esclarecer eventuais dúvidas que se nos colocassem, ao longo da observação da execução das actividades. De facto, o que está em causa neste trabalho de investigação, não é, propriamente, observar e analisar a forma como os alunos actuam, mas sim analisar as explicações das previsões e da observação de alguns fenómenos relacionados com as “características e comportamentos do ar”. Daí, a observação não permitir alcançar a especificidade e o aprofundamento pretendidos.

Quanto ao inquérito por questionário, embora a amostra utilizada neste estudo tenha uma dimensão que já poderia justificar mais o recurso a esta forma de recolha de informação, achou-se, contudo, que seria uma técnica pouco adequada aos sujeitos, pois, os alunos poderiam ter dificuldade em compreender a situação problemática. Assim, especialmente, os mais novos, teriam dificuldade em expor as ideias e, tendo em conta que tendem a recusar dados quando estes se revelam incompatíveis

com as suas perspectivas prévias (Hodson, 1988; Kuhn, 1989), poderiam rejeitar resultados apresentados/descritos, por serem inconsistentes com o que pensam. Assim sendo, se por um lado, o nível etário dos participantes (crianças desde os nove aos 16 anos) leva a que não faça muito sentido colocá-los a responder, por escrito, a questões cujas respostas implicam alguma concentração e, por isso, respostas pensadas, por outro lado há também que tentar aproveitar os comportamentos que eventualmente ocorram e que possam contribuir para melhor interpretar as respostas dos alunos, o que em situação de questionário escrito não seria possível.

Assim, ponderando-se as vantagens e as limitações associadas a cada técnica de recolha de dados, considerou-se que a técnica mais adequada às particularidades do presente estudo, seria a técnica do inquérito por entrevista, designadamente, a entrevista semi-estruturada (De Ketele & Rogiers, 1996; Delory, 2003), na medida em que permite obter dados que conduzam a uma compreensão, em profundidade, das explicações dos alunos para os fenómenos físicos em causa. Assim sendo, quer a necessidade de se obter informações completas e pormenorizadas, quer o baixo nível etário de alguns sujeitos nele incluídos (facto que exige alguns cuidados na forma de comunicar), constituem, em nossa opinião, motivos suficientes para se optar pela técnica de inquérito por entrevista.

3.4.4. Instrumento de recolha de dados

Uma vez escolhida a técnica para a obtenção das informações consideradas necessárias, passou-se à fase de preparação do instrumento de recolha dos dados. Conforme já se referenciou, a entrevista centrou-se nos mesmos fenómenos e situações problemáticas que foram usadas no questionário aplicado aos docentes. Previamente, elaborou-se uma estrutura geral da entrevista, de forma a que as questões colocadas permitissem obter respostas que nos levassem ao conhecimento da maneira como os alunos prevêem e explicam os fenómenos físicos, respectivamente, antes e após a constatação dos mesmos.

O quadro 8 expõe a estrutura geral da entrevista, descrevendo, sinteticamente, as questões base colocadas aos alunos e as quatro etapas consideradas, em cada uma das cinco situações problemáticas, designadamente: a previsão (P), a explicação da previsão (EP), a observação do fenómeno (OF) e a explicação da observação, após constatação do que acontece (EO).

Quadro 8
Estrutura geral da entrevista

Questão colocada Etapas	Situação problemática 1 ("balão na garrafa")	Situação problemática 2 ("papel dentro do copo")	Situação problemática 3 ("êmbolo da seringa")	Situação problemática 4 ("balão na garrafa com água quente")	Situação problemática 5 ("água e funil")
Previsão (P)	<i>o que acontece</i> ao balão, colocado dentro da garrafa, quando sopras para dentro dele?	<i>o que achas que acontece</i> ao papel que está dentro do copo, quando o copo é invertido e mergulhado na água?	<i>o que acontece</i> ao êmbolo da seringa se tapares o seu orifício com um dedo e tentares empurrar o êmbolo?	<i>o que acontece</i> ao balão colocado no gargalo da garrafa, se a metemos em água bem quente? ?	<i>o que acontece</i> à água quando a deitas no funil que está colocado no gargalo da garrafa?
Explicação da previsão (EP)	porquê?	como pensas que isso acontece?	como explicas que isso acontece?	justifica a tua resposta.	explica a tua resposta.
Observação do fenómeno (OF)	se soprares para dentro do <i>balão</i> , verificas que ele <i>só enche ligeiramente</i> .	se mergulharmos o copo numa tina de água, <i>o papel</i> amarrotado que está no fundo do copo <i>continua seco</i> .	se taparmos com o dedo o orifício da seringa e tentarmos empurrar <i>o êmbolo</i> , <i>não se consegue que ele desça totalmente</i> .	ao colocarmos a garrafa num recipiente de água bem quente, <i>o balão</i> colocado no gargalo <i>enche</i> .	quando se deita água, até meio do funil que foi colocado no gargalo da garrafa, a maior parte da <i>água fica retida no funil</i> .
Explicação da observação (EO)	<i>explica por que razão</i> ao soprar-se para dentro do balão, ele só enche ligeiramente?	<i>que explicação dás</i> para o facto de o papel, dentro do copo mergulhado em água, se manter seco?	<i>explica por que razão</i> não se consegue que o êmbolo desça todo, quando se tapa o orifício da seringa.	<i>como explicas</i> que o balão começa a encher quando se coloca a garrafa dentro de água muito quente?	<i>explica por que motivo</i> a água não consegue entrar dentro da garrafa., ficando a maior parte dela retida no funil

- Situação problemática 1: “balão dentro da garrafa” (figura 25, p 181):
Após se solicitar ao aluno uma previsão (P) sobre o que acontecerá ao balão quando se soprar para dentro dele, pede-se também que fundamente essa previsão (EP). Seguidamente, reproduz-se o fenómeno em causa (OF), a fim de que o aluno tenha oportunidade de constatar o que acontece e de formular uma explicação acerca do que observou (EO): Por que motivo o balão só enche ligeiramente, quando se sopra para dentro dele?
- Situação problemática 2: “papel dentro do copo” (figura 26, p 196):
Solicita-se ao aluno que preveja (P) o que acontecerá ao papel que está colocado dentro do copo, assim que este for invertido e mergulhado na água. Segue-se a explicação dessa previsão (EP). Posteriormente, procede-se à execução da situação descrita (OF), o que permite ao aluno observar o que sucede. Numa última fase, convida-se o aluno a explicar o sucedido (EO): Por que razão o papel continua seco, estando dentro do copo que foi mergulhado dentro de água?
- Situação problemática 3: “êmbolo da seringa (figura 27, p 208):
Convida-se o aluno a formular uma previsão (P), acerca do que sucederá ao êmbolo quando for pressionado, depois de encher a seringa com ar e tapar, com o dedo, o orifício. A seguir, solicita-se

ao aluno que justifique essa sua opinião (EP). Segue-se a observação do fenómeno em questão (OF), a fim de que seja possível ao aluno constatar o que acontece. Por último, pede-se ao aluno a fundamentação do que observou (EO): Por que será que não se consegue empurrar o êmbolo da seringa até ao fim?

▪ Situação problemática 4: “balão na garrafa com água quente” (figura 28, p.223):

Os alunos deverão dar a sua opinião (P) acerca do que acontecerá ao balão que está colocado no gargalo da garrafa, assim que esta for introduzida num recipiente com água muito quente. Seguidamente, os alunos darão uma explicação para o comportamento que previram para o balão (EP). Segue-se a constatação do fenómeno em causa, através da execução da actividade (OF), possibilitando, aos alunos, a observação do que acontece e para o qual se lhes pede uma justificação (EO): Como explicas que o balão encha, assim que se coloca a água quente na tina?

▪ Situação problemática 5: “água e funil” (figura 29, p. 240):

Os alunos deverão prever o que sucederá à água deitada no funil (P) que se encontra “encaixado” no gargalo de uma garrafa e cuja junção foi vedada com plasticina. De seguida, pede-se-lhes para fundamentar a previsão que elaboraram (EP), sendo, depois, executada a actividade, com vista à constatação do referido fenómeno (OF). Numa fase posterior, os alunos são convidados a explicar os resultados obtidos (EO): Que explicação dás para o facto de apenas algumas gotas de água entrarem na garrafa e a restante água ficar retida no funil?

Dado as cinco situações problemáticas incluírem material muito simples, fazendo parte do quotidiano dos alunos e apresentarem uma certa semelhança, em termos de nível de complexidade, considerou-se que seria indiferente a ordem de apresentação das cinco situações aos alunos. Deste modo, e por uma questão de uniformidade, decidiu-se que a sequência das mesmas respeitasse a do questionário aplicado aos professores.

Apesar de serem as mesmas situações problemáticas constantes do questionário aplicado aos professores, tornou-se imperioso tomar algumas precauções no que respeita à formulação das questões e à apresentação das situações aos alunos, dado a amostra a que recorreremos integrar sujeitos muito jovens. Assim, sempre que possível, procurou-se:

- Elaborar questões, tanto quanto possível, de formato aberto, capazes de fomentar a verbalização do pensamento dos alunos;
- Insistir no pedido de justificação e/ou aprofundamento das respostas dadas pelos alunos, sobretudo aquando da fundamentação, quer da previsão quer da observação, de modo a obter uma compreensão profunda da ideia do aluno acerca do assunto;
- Adequar a quantidade de questões, contando-se com algumas não previstas, evitando-se, por um lado, a saturação dos intervenientes, uma vez que são crianças e, por outro lado, conseguindo-se recolher as informações suficientes, a fim de se ficar elucidado acerca do raciocínio utilizado pelos alunos, na construção da explicação;
- Manter, sempre que possível, a mesma ordem na apresentação das actividades a fim de, e pese embora a semelhança das actividades, facilitar a comparação dos resultados obtidos quanto ao comportamento dos alunos (em termos de previsão e explicação);
- Colocar os alunos à vontade, no início da entrevista, quer familiarizando-os com o material a usar, quer esclarecendo-os acerca da finalidade da entrevista, chamando particular atenção para o facto de não se tratar de nenhum tipo de avaliação. Como se tratava de uma entrevista, esta chamada de atenção não interferiria, negativamente, com a qualidade dos dados, uma vez que a entrevista permite aprofundar e clarificar as respostas;
- Prever formas de ultrapassar eventuais situações de enfado e/ou constrangimento (ex: desviar a atenção para um aspecto mais lúdico) dado os sujeitos intervenientes serem crianças, algumas delas muito pequenas (1º ciclo).

A fim de garantir a adequação do protocolo da entrevista, aos sujeitos a entrevistar e de, tal como recomenda Gall, Gall & Borg (2003), desenvolver competências da investigadora na condução desta entrevista, aplicou-se a mesma a sete alunos pertencentes aos anos de escolaridade envolvidos neste estudo (mas não à amostra), especificamente, dois alunos do 4º ano, dois alunos do 6º ano e três alunos do 9º ano de escolaridade.

As entrevistas efectuadas, nesta fase de treino, foram sendo ouvidas e analisadas pela investigadora, com vista ao aperfeiçoamento do seu comportamento enquanto entrevistadora. Nas questões base do protocolo não foi necessário introduzir alterações.

3.4.5. Recolha de dados

A recolha de dados decorreu ao longo de um ano, e para cada sub-amostra, ao longo dos seguintes períodos de tempo: durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março, entrevistaram-se os alunos do 6º ano, durante os meses de Abril, Maio e Junho entrevistaram-se os alunos do 4º ano e durante os meses de Outubro e Novembro e Dezembro os do 9º ano de escolaridade.

Conforme já referimos em 3.4.3, as entrevistas decorreram nas escolas frequentadas pelos alunos participantes. No caso das EB 1, os alunos foram entrevistados em salas de aula desocupadas, em gabinetes disponíveis ou em outros espaços que nesse momento estivessem desocupados e possibilitassem um ambiente calmo e sem ruídos. No caso das EB 2/3 e escolas secundárias, as entrevistas, na maior parte dos casos, tiveram lugar nos laboratórios, sendo feitas em salas de aula, vagas nesse momento, apenas quando aqueles se encontravam ocupados. Conforme já foi mencionado na secção reservada à descrição do estudo (3.4.1), após acordo com os respectivos professores, para a maior parte dos alunos dos 2º e 3º ciclos, escolheu-se o período reservado às aulas de Estudo Acompanhado, enquanto que para os do 1º ciclo, se ocupou o período do intervalo ou da hora de almoço, evitando-se, deste modo, que os alunos interrompessem as aulas respeitantes às áreas curriculares disciplinares.

Cada uma das entrevistas foi, atempadamente, autorizada pelos responsáveis de cada escola envolvida. Somente em duas escolas, os órgãos de gestão acharam melhor informar os encarregados de educação, ainda que verbalmente, sobre a finalidade da entrevista a aplicar aos respectivos educandos. As entrevistas tiveram a duração média de 45 minutos e foram gravadas em áudio. No final de cada entrevista e como garantia que a curiosidade dos alunos era satisfeita, a investigadora dava a resposta certa, para cada situação problemática. No caso de ainda haver alunos pertencentes à mesma turma para serem entrevistados, essas respostas ficavam a cargo da professora da turma, após combinação prévia, a fim de que os entrevistados seguintes não ficassem na posse de conhecimentos que, posteriormente, os levassem a dar respostas já conhecidas e não pensadas.

3.4.6. Tratamento e análise de dados

As entrevistas realizadas com os alunos foram, posteriormente, transcritas e analisadas, a fim de se proceder à identificação do tipo de explicação utilizada pelos alunos. Os dados recolhidos,

através das entrevistas, serão apresentados por actividade, tentando contemplar, em cada actividade, as três vertentes orientadoras da recolha das mesmas, designadamente:

- Os dados recolhidos, antes da constatação do fenómeno em causa, momento este através do qual se pretendia que os alunos, perante a descrição da situação problemática em questão, formulassem uma previsão acerca do que, segundo eles, possivelmente, aconteceria;
- Os dados recolhidos, ainda antes da observação do fenómeno, acerca do tipo das explicações que os alunos deveriam construir para fundamentar os comportamentos por eles previstos;
- Os dados recolhidos, após a execução da actividade, a qual permite aos alunos observar o fenómeno em questão e (re)construir uma explicação para o mesmo.

As respostas dos alunos, depois de transcritas, foram sujeitas a análise de conteúdo que foi efectuada com base nas categorias consideradas para o efeito. À semelhança do que foi feito no estudo relativo aos professores, também para este estudo se consideraram quatro categorias de resposta correspondentes aos quatro tipos de explicação incluídos na tipologia proposta por Leite & Figueiroa (2004), a partir da proposta de Martin (1972). Dado que todos os alunos envolvidos neste estudo responderam às cinco situações consideradas, quer em termos de previsão, quer em termos de explicação, não houve necessidade de criar categorias adicionais, nomeadamente, a categoria “não respondeu”. Por sua vez, e tal como no estudo que envolveu professores, cada uma das categorias (tipos de explicação) foi desdobrada em subcategorias, definidas *a posteriori*, em conformidade com a ideia geral que as diversas respostas dos alunos encerram, de forma implícita ou explícita. Tal como já se esclareceu, em relação aos dois outros estudos (manuais e professores), também no caso do presente estudo, o tipo de explicação preditivo não foi considerado, aquando da apresentação dos dados obtidos, evitando-se, assim, repetições desnecessárias, na medida em que este tipo de explicação também não foi identificado em nenhuma das respostas apresentadas pelos alunos.

Para a formação da subcategorias seguiram-se os mesmos critérios usados no estudo anterior (professores) e que já tivemos oportunidade de descrever em 3.3.6. Visando facilitar uma análise comparativa, entre os resultados obtidos no estudo com professores e os obtidos neste estudo, recorreu-se às mesmas subcategorias, já constituídas para o anterior estudo (professores), alterando-as ou acrescentando novas, apenas quando necessário. Dado que as alterações nas subcategorias foram

pouco consideráveis, e a fim de evitar repetições, seremos um pouco mais sintéticos quando, no capítulo IV, efectuarmos a descrição das categorias e subcategorias utilizadas neste estudo.

Os dados obtidos, em cada situação problemática, serão organizados em tabelas e quadros que serão apresentados e analisados, no próximo capítulo, mais propriamente, em 4.4., por ano de escolaridade e no conjunto dos três anos de escolaridade considerados. Sempre que possível, a apresentação dos dados quantitativos será acompanhada de algumas citações extraídas das explicações construídas pelos alunos, de modo a fundamentar a classificação efectuada, bem como a respectiva análise.

Os autores dos exemplos de respostas serão identificados através de um código que, à semelhança do que se fez para os manuais escolares analisados e para os professores, incluem uma consoante correspondente ao nível de ensino a que os alunos pertencem (P, S ou T) e um número que representa o número de ordem pela qual foram entrevistados. Cada consoante respeitante ao nível de ensino, será precedida de um A que se refere ao tipo de indivíduo (aluno). Assim, os alunos relativos aos 1º, 2º e 3º ciclos serão representados, respectivamente, pelos seguintes códigos: AP1, AP2, ..., AP25; AS1, AS2, ..., AS25; AT1, AT2, ..., AT25.

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Introdução

Deste capítulo constam a descrição e a análise dos dados recolhidos, bem como a interpretação dos resultados obtidos na investigação desenvolvida, designadamente, com manuais escolares de Ciências, com professores e com alunos do Ensino Básico. Com vista a facilitar a leitura do capítulo, optou-se por estruturá-lo em três sub-capítulos, definidos em função dos três estudos considerados no capítulo 3, especificamente:

- i) As explicações científicas associadas às propostas de actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares de Ciências do Ensino Básico (4.2);
- ii) As explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de elaborar acerca de alguns fenómenos físicos e as que eles próprios consideram como mais adequadas, do ponto de vista científico (4.3);
- iii) As explicações que os alunos do Ensino Básico elaboram, acerca de alguns fenómenos físicos, reproduzidos em contexto laboratorial (4.4).

O primeiro destes três sub-capítulos (4.2) inclui toda a informação recolhida no estudo realizado com os manuais escolares de Ciências. Dele constam três secções, integrando, cada uma delas, os resultados obtidos em cada um dos três grupos de manuais, relativos a cada ano de escolaridade considerado (4º, 5º e 8º anos) e contemplando os dois aspectos sujeitos a análise, designadamente:

- Tipos de explicação associados às actividades laboratoriais que os manuais escolares de Ciências do Ensino Básico propõem;
- Inter-relação dados/evidências/conclusões presente nessas actividades laboratoriais.

O segundo sub-capítulo (4.3) apresenta os dados apurados no estudo desenvolvido com os professores, por actividade, tendo em conta os principais assuntos considerados na análise, nomeadamente:

- Opinião dos docentes acerca da possibilidade de os alunos que concluem os 4º, 6º e 9º anos de escolaridade serem (ou não) capazes de construir uma explicação, acerca de determinado fenómeno físico e, em caso afirmativo, conhecer e analisar a explicação que os professores pensam que os alunos dariam;
- Opinião desses mesmos docentes sobre a adequação e/ou a suficiência dessa mesma explicação e, no caso de a considerarem insuficiente, conhecer a que eles próprios admitem ser a explicação mais adequada.

O terceiro e último sub-capítulo (4.4) integra as informações conseguidas no estudo concretizado com os alunos. À semelhança do sub-capítulo anterior, também neste os resultados são apresentados separadamente, por actividade, de acordo com as etapas orientadoras da recolha de dados, especificamente:

- Previsão elaborada pelos alunos, perante a descrição de uma determinada situação problemática que reproduz um fenómeno físico;
- Fundamentação das previsões formuladas pelos alunos;
- Explicação construída pelo aluno, após a execução da actividade e, conseqüentemente, a constatação do fenómeno em causa.

4.2. As explicações associadas às propostas de actividades laboratoriais em manuais escolares de Ciências do Ensino Básico

4.2.1. Manuais escolares do 4º ano de escolaridade (1º ciclo)

4.2.1.1. Análise dos tipos de explicação

No que respeita ao tipo das explicações associadas às actividades laboratoriais analisadas, em manuais escolares do 4º ano de escolaridade (Estudo do Meio), os resultados registados na tabela 1 são reveladores de algum desequilíbrio, relativamente à presença e distribuição dos diferentes tipos de explicação considerados, quer no conjunto de todos os manuais analisados, quer em cada manual escolar.

Assim, com base nas informações contidas na referida tabela, constata-se que as explicações se dividem por três tipos (descritivo, causal e interpretativo).

Tabela 1

Tipos de explicação associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 4º ano de escolaridade

manuais tipos de explicação	P1 (n=3)	P2 (n=5)	P3 (n=5)	P4 (n=3)	P5 (n=6)	P6 (n=2)	P7 (n=6)	P8 (n=5)	P9 (n=7)	P10 (n=4)	P11 (n=5)	P12 (n=5)	P13 (n=6)	P14 (n=3)	total de cada tipo de explicação	
	f	%														
descritivo	—	1	1	—	1	—	2	—	2	—	4	—	1	2	14	21.5
causal	3	4	2	3	5	2	4	5	4	4	1	5	5	1	48	73.9
interpretativo	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3	4.6

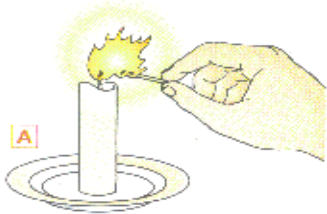
Mais de metade das actividades analisadas incluem explicações causais (48 actividades – 73.9%), centradas, sobretudo, em mostrar ao aluno “o que é necessário para se dar uma combustão” (figura 1) ou “os efeitos da pressão do ar” (figura 2).

O que é necessário para se dar uma combustão?


- Realiza algumas experiências, na sala de aula e tira conclusões.

EXPERIÊNCIAS

Arranja duas velas, dois pratos pequenos, um frasco de boca larga e fósforos. Acende as duas velas. Repara como a chama arde com força.



Coloca o frasco invertido sobre o prato da vela **A**. Observa.



O que acontece à vela **A**?

A vela **B** não se apagou. Porquê?

Comenta, com os colegas, a conclusão das experiências:

Para se dar uma combustão precisamos de materiais que ardam.
A vela **A apagou-se porque gastou o oxigénio do ar que havia no interior do frasco. E sem oxigénio não há combustões.**

Figura 1

Exemplo de uma actividade que apresenta uma explicação do tipo causal (extraída do manual P 4, p. 119)

O ar atmosférico exerce uma força muito grande sobre todos os corpos. A essa força chama-se **pressão atmosférica**.

Como provas que a pressão atmosférica se exerce sobre os corpos?

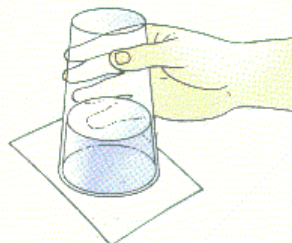
Através de experiências simples, podes verificar que a **pressão atmosférica** nos ajuda a executar tarefas que não seriam possíveis sem a sua existência.

EXPERIÊNCIA

Precisas de um copo de vidro com água e de um bilhete postal.

Enche bem o copo de água. Tapa-o com o bilhete postal e segurando este com os dedos, inverte o copo, mantendo o postal em posição horizontal.

O que aconteceu à água do copo e ao postal?



A pressão do ar exerceu-se sobre o postal com uma força maior do que o peso da água. E, por isso, o postal continuou preso ao copo, impedindo que a água caísse.

Figura 2

Exemplo de uma actividade que inclui uma explicação do tipo causal
(extraída do manual P 4, p. 120)

Neste tipo de explicações, estabelece-se uma relação de causalidade que traduz o porquê de um dado comportamento associado a determinado fenómeno. No primeiro caso, especificamente, na actividade apresentada na figura 1, a relação causal estabelecida consiste em atribuir ao “consumo” de oxigénio a responsabilidade pelo facto de a vela se apagar, dentro do frasco. Quanto ao segundo caso (figura 2), a relação causal estabelecida reside em “responsabilizar” a pressão exercida pelo ar, pelo facto de o papel, debaixo de um copo invertido com água, não cair.

Quanto às explicações descritivas, identificaram-se em cerca de um quarto das actividades analisadas (14 actividades – 21.5%), sobretudo, nas actividades que pretendem mostrar algumas das propriedades do ar, especificamente, o peso e a resistência do ar, bem como a pressão atmosférica. Nestes casos, apenas se descreve/confirma o que acontece, mas não se avança para o por que acontece. Esta situação é ilustrada pela actividade apresentada na figura 3, na qual, tendo em conta o que o próprio título da actividade indica, o aluno apenas constata que, ao pressionar o êmbolo da seringa cheia com ar, não se consegue que ele desça até baixo.



Figura 3

Exemplo de uma actividade da qual se extrai uma explicação descritiva
 (extraída do manual P 14, p. 138)

Relativamente às explicações interpretativas, são as menos frequentes no conjunto das actividades analisadas, surgindo em três actividades apenas (4.6%): duas incluídas no manual escolar P3 e uma no manual escolar P9. Essas actividades centram-se no funcionamento da palhinha de refresco e do conta-gotas, conforme se exemplifica com a actividade apresentada na figura 4.

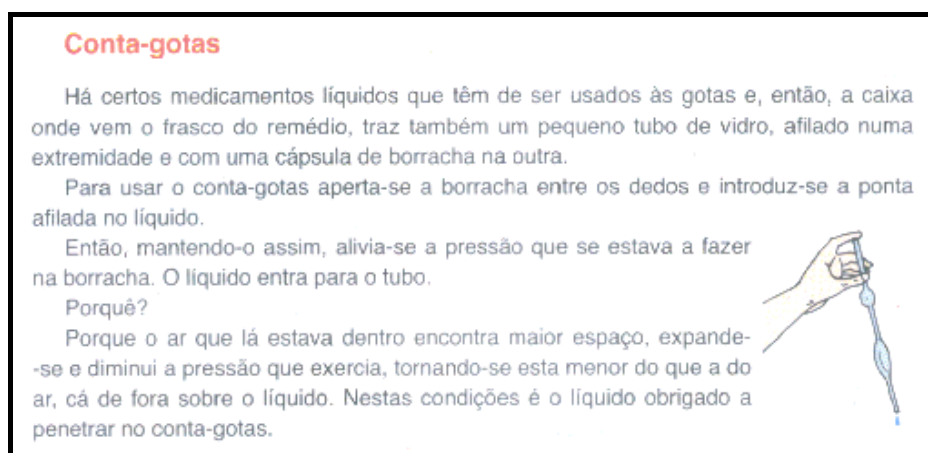


Figura 4

Exemplo de uma actividade que faculte uma explicação interpretativa
 (extraída do manual P 3, p. 127)

Neste caso, há uma articulação entre as entidades envolvidas no fenómeno e os modelos teóricos, previamente estudados. Assim, supostamente, o aluno sabe, antecipadamente, que o ar exerce forças de pressão sobre todas as superfícies e em todas as direcções. Realizando a actividade

(puxar o líquido pelo conta-gotas), verifica que o líquido só consegue subir, caso primeiro sejam criadas condições para “puxar” o ar, reduzindo a pressão no interior do conta-gotas.

Quanto à distribuição destes três tipos de explicação, por manual escolar, só dois manuais (P3 e P9) incluem os três tipos de explicação, mais de metade dos manuais (P2, P5, P7, P11, P13 e P14) integram dois tipos de explicação, designadamente, o descritivo e o causal e, metade dos manuais analisados, unicamente apresenta um dos três tipos considerados, concretamente, o tipo causal (P1, P4, P6, P8, P10 e P12). As explicações do tipo causal surgem em todos os manuais escolares, enquanto que as explicações do tipo descritivo foram identificadas em mais de metade dos manuais analisados (P2, P3, P5, P7, P9, P11, P13 e P14).

4.2.1.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões

Os dados resultantes da análise efectuada aos protocolos das actividades laboratoriais incluídas em manuais do 4º ano de escolaridade, relativamente à inter-relação dados/evidências/conclusões, expõem-se na tabela 2 e evidenciam, claramente, uma distribuição desequilibrada dessas actividades pelas categorias consideradas.

Tabela 2
Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 4º ano de escolaridade

Aspectos	Categorias		Manuais escolares														Total		
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	f	%	
relação dados/evidências	recolhem-se	A. apenas os dados que constituem evidências	A1.directas	—	1	—	—	—	—	2	—	2	—	1	—	2	2	10	15.4
			A2.indirectas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		B. alguns dados que são evidências mas insuficientes		3	4	4	3	6	2	4	5	5	4	4	5	4	1	54	83.1
		C. todos os dados que são evidências e outros dados		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		D. alguns dados que são evidências e outros dados		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		E. dados que não são evidências		—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.5	
relação evidências/conclusões	elaboram-se	F. com base nas evidências necessárias e suficientes		—	1	—	—	—	—	2	—	2		1	—	2	2	10	15.4
		G. com base em evidências insuficientes		3	4	4	3	6	2	4	5	5	4	4	5	4	1	54	83.1
		H. sem evidências para tal		—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.5

No que concerne à relação dados/evidências, embora as actividades analisadas se agrupem, exclusivamente, nas categorias A, B e E, em mais de metade dos manuais escolares analisados (P1, P3, P4, P5, P6, P8, P10 e P12), as actividades que os mesmos propõem inserem-se numa só categoria (categoria B), enquanto que os restantes manuais incluem actividades que se distribuem por duas categorias, concretamente, as categorias B e E (P3) e as categorias A e B (P2, P7, P9, P11, P13

e P14).


Através dos resultados apresentados na tabela 2, é possível constatar que a quase totalidade das actividades (54 actividades – 83.1%) foram classificadas na categoria B, pois os respectivos protocolos apresentam directrizes para que o aluno proceda à recolha de dados que, embora constituindo evidências da conclusão que se pretende retirar, não são suficientes para suportar essas conclusões. Refiram-se, a título ilustrativo, a actividade que se apresentou na figura 2 (“provar que a pressão atmosférica se exerce sobre os corpos”) ou as actividades centradas no funcionamento da palhinha de refresco, como é o caso da que se apresenta na figura 5.

EXPERIÊNCIA (a palhinha de refresco):

Objectivo ▶ Verificar que a pressão atmosférica se exerce de cima para baixo.

Material ▶ Palhinha de refresco.
Copo.
Água.

Procedimento ▶ Deita água no copo.
Introduz o palhinha de refresco na água.
Aspira o ar existente na palhinha.



Observação ▶ A água sobe na palhinha.

Explicação ▶ A pressão do ar sobre a superfície da água é maior do que dentro da palhinha, obrigando-a a subir.

A pressão atmosférica exerce-se em todos os sentidos: de baixo para cima, de cima para baixo, etc.

Figura 5

Exemplo de uma actividade classificada na categoria B
(extraída do manual P8, p. 162)

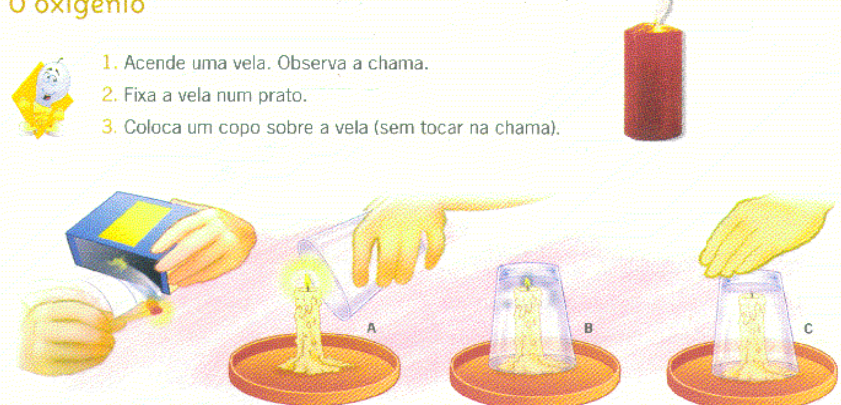
Nesta actividade pretende-se concluir que, devido à sucção, a pressão exercida pelo ar no exterior da palhinha torna-se superior à pressão no interior da mesma. Porém, apenas se recolhem dados sobre os efeitos da variação da pressão (subida do líquido) no interior da palhinha que são, de facto, necessários, mas faltaria também recolher dados relativos à pressão exterior e à variação de pressão no interior para que se pudesse elaborar a conclusão desejada.

Esta situação de insuficiência de dados, para a elaboração de uma conclusão desejada é, também, constatável nas actividades destinadas a concluir que a combustão “consome” oxigénio

(figuras 1 e 6), sem, contudo, se recolher dados relativos à variação da concentração de oxigénio no sistema fechado (copo invertido em cima de algo) em cujo interior se provoca a combustão de uma vela.

O oxigénio

1. Acende uma vela. Observa a chama.
2. Fixa a vela num prato.
3. Coloca um copo sobre a vela (sem tocar na chama).



- Na figura A, a vela começa a arder, formando uma chama que liberta luz e calor – combustão.
- Na figura B, a vela continua a arder dentro do copo.
- Na figura C, passado pouco tempo, a vela apaga-se...

■ Podes concluir que:

A vela _____ ao fim de algum tempo,
 porque ao _____ gastou todo o
 que existia dentro do copo.

apagou-se
 oxigénio
 arder

Figura 6
 Exemplo de uma actividade classificada na categoria B
 (extraída do manual P 13, p. 108)

Nestes casos, o aluno não possui nenhuma evidência que lhe permita concluir que um dos gases que está no recipiente é o oxigénio, nem que a combustão “consome” oxigénio. Para obter evidências de que existe oxigénio no ar e de que a combustão da vela provoca a sua diminuição, o aluno deveria, por exemplo, através de um sensor de oxigénio, medir a variação da concentração deste gás.

Ainda pela análise dos resultados apresentados na tabela 2, nota-se que apenas 10 actividades (15.4%) foram incluídas na categoria A, mas apenas em uma das duas subcategorias (A1: dados que constituem evidências directas) em que a categoria se desdobra. Todas essas actividades propõem aos alunos a recolha de dados que, para além de serem os necessários e os suficientes para se poder concluir o que se pretende, permitem-lhes aceder a esses mesmos dados directamente,

usando um instrumento de medida ou, simplesmente, os seus sentidos. É o caso, por exemplo, da actividade que a figura 7 ilustra.

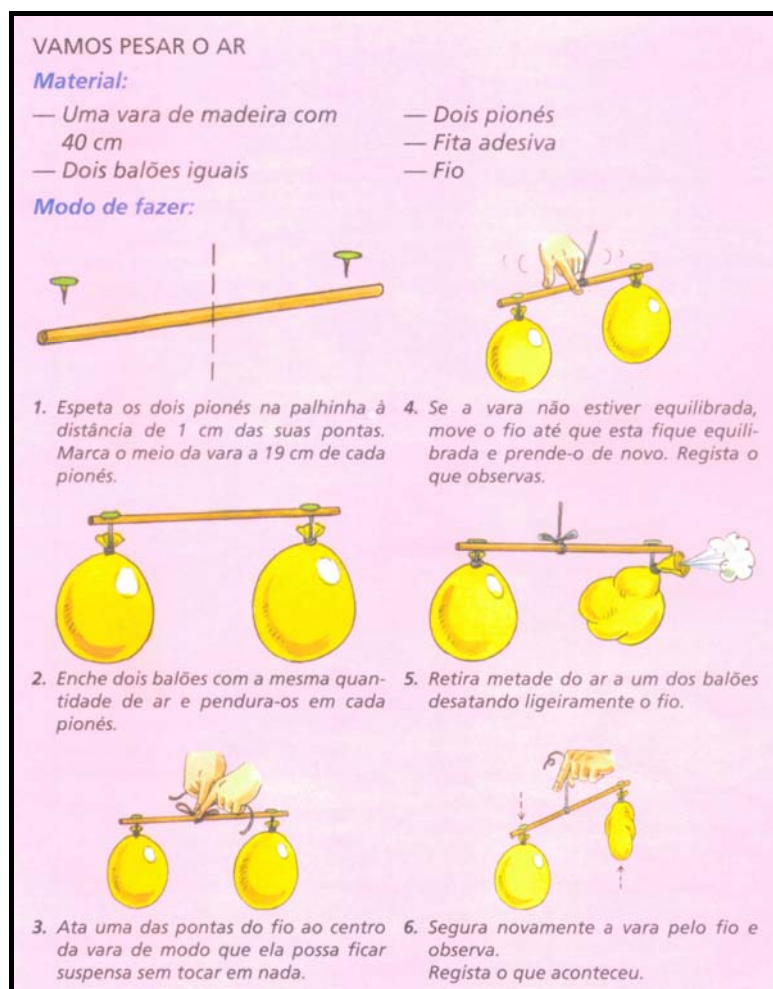


Figura 7

Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1
(extraída do manual P 14, p.138)

Com a execução desta actividade pretende-se concluir que o ar tem peso, sugerindo-se ao aluno que “pese” o ar. Para isso, propõe-se-lhe que coloque nas extremidades de uma vara de madeira dois balões cheios de ar, retirando, posteriormente, parte do ar a um deles. O aluno pode, directamente, constatar o desequilíbrio da vara, provocado pelas diferentes quantidades de ar em cada um dos dois balões, o que acaba por constituir uma evidência directa da conclusão desejada. Todavia, há que salientar que, tendo em conta a proposta inicial da actividade (“vamos pesar o ar”), consideramos que a atitude mais adequada e, sobretudo, a mais correcta, seria recorrer a uma balança, a fim de que os alunos pudessem registar as variações e as diferenças de peso dos balões,

com e sem ar. Contudo, tendo em consideração a comum e intuitiva interpretação da inclinação da vara, subindo do lado do balão em que se retirou o ar (ficou menos “pesado”), consideramos que a inclinação funciona como uma forma directa de o aluno obter os dados de que necessita.

Relativamente à categoria E, somente integra uma actividade (1.5%) na qual se pretende provar a existência da pressão atmosférica, através do funcionamento de uma pipeta (figura 8).



Figura 8

Exemplo de uma actividade classificada na categoria E
(extraída do manual P 3, p.127)

Neste caso, os dados recolhidos centram-se, exclusivamente, no funcionamento deste objecto (“enche-se de líquido, ... tapando-a com o dedo, deixa-se escorrer o líquido...”), não constituindo, nenhum destes procedimentos, evidência do que se pretende concluir (existência da pressão do ar). Para obter evidências de que a pressão atmosférica existe, os dados a recolher teriam de se relacionar quer com os efeitos dessa pressão (subida do líquido no interior da pipeta), quer com a pressão exterior e a variação de pressão dentro da pipeta. Ainda em relação a esta actividade, e embora não seja pretensão nossa uma análise do ponto de vista científico, não nos passa despercebida a incorrecção de linguagem que a mesma inclui, ao referir que, dentro da pipeta o líquido escorre, caso esta se tape com o dedo, quando o que na realidade acontece é exactamente o contrário.

Situação de idêntica assimetria é a que se evidencia no que concerne à relação evidências/conclusões e que, conforme seria de esperar, se revela concordante com a configuração extraída da análise da relação anterior. Assim, ainda de acordo com os dados expressos na tabela 2, verifica-se que mais de metade das actividades analisadas (54 actividades – 83.1%) agrupam-se na categoria G, pois as conclusões são elaboradas com base em evidências que não são suficientes para a formulação das conclusões apresentadas. Apenas em 10 actividades (15.4%) as conclusões surgem

tendo por base as evidências necessárias para as suportar, pelo que integram a categoria F, enquanto que somente uma actividade (1.5%) consta da categoria H, na medida em que se formulam as conclusões sem evidências que as suportem. Assim sendo, a categoria comum a todos os manuais analisados é a categoria G (elaboram-se conclusões com base em evidências insuficientes).

Em suma: face aos resultados obtidos, parece estarmos perante um grupo de actividades laboratoriais que, em relação às explicações que facultam acerca dos fenómenos físicos que reproduzem, revelam os seguintes aspectos:

- A maior parte (73.9%) estabelece relações de causalidade que traduzem o porquê do fenómeno;
- Poucas (4.6%) recorrem a modelos teóricos para suporte das conclusões formuladas;
- As conclusões/explicações que a maior parte (83.1%) apresenta são formuladas sem que haja evidências suficientes para se para poder concluir o que se pretende;
- São muito poucas (15.4%) as actividades que apresentam a conclusão com base em evidências suficiente.

4.2.2. Manuais escolares do 5º ano de escolaridade (2º ciclo)

4.2.2.1. Análise dos tipos de explicação

No que respeita ao tipo de explicações apresentadas nas actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares do 5º ano de escolaridade (Ciências da Natureza), as informações recolhidas sintetizam-se na tabela 3.

Tabela 3

Tipos de explicação associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 5º ano de escolaridade

manuais tipos de explicação	S1 (n=2)	S2 (n=6)	S3 (n=2)	S4 (n=2)	S5 (n=5)	S6 (n=2)	S7 (n=3)	S8 (n=2)	S9 (n=7)	total de cada tipo de explicação	
										f	%
descritivo	1	3	—	—	1	1	—	—	4	10	32.3
causal	1	3	2	2	4	1	3	2	3	21	67.7
interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Da análise destes resultados, sobressai algum desequilíbrio no que concerne à presença e à distribuição dos dois tipos de explicação identificados (descritivo e causal), quer no conjunto de todos

os manuais, quer em cada manual escolar, não tendo sido identificado, em nenhuma das actividades analisadas, o tipo interpretativo.

Em relação às explicações descritivas, em conformidade com os dados expostos na tabela 3, um terço das actividades analisadas (10 actividades – 32.3%) apresentam explicações deste tipo. Presentes em algumas actividades cuja finalidade principal é identificar, através de indicadores, a presença de alguns gases constituintes do ar (figura 9) ou em actividades cuja finalidade é mostrar algumas propriedades do ar (figura 10), neste tipo de explicação (tipo descritivo) não se estabelece nenhuma relação de causalidade que traduza o porquê do fenómeno, pois não se vai além da confirmação do que acontece.

Experiência

Material: Dois frascos com tampa, água de cal, palhinha de sumo e etiquetas.

Procedimento:

1. Deita a mesma quantidade de água de cal nos dois frascos.
2. Marca os frascos com uma etiqueta com as letras A e B.
3. Fecha o frasco B com a tampa.
4. Com a palhinha, expira várias vezes para o frasco A.
5. Descreve o que observas nos frascos A e B.

Para pensar:

O ar expirado contém uma maior quantidade de dióxido de carbono do que o ar atmosférico. Assim sendo:

- Indica o gás que fez turvar a água de cal.
- Para que serviu o frasco B? Por que motivo o fechaste com a tampa?

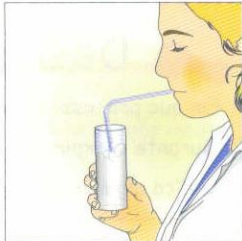


Figura 9
Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo descritivo
(extraída do manual S1, p. 201)

Na actividade representada na figura 9, as explicações emergem, directamente, da informação dada (a água de cal turvou devido à presença de dióxido de carbono no ar expirado). No caso da actividade apresentada na figura 10, as explicações emergem, directamente, dos dados recolhidos (o prato da balança “desce” do lado onde está o balão cheio de ar), não havendo nenhuma informação prévia.

2 — O ar tem peso

MATERIAL

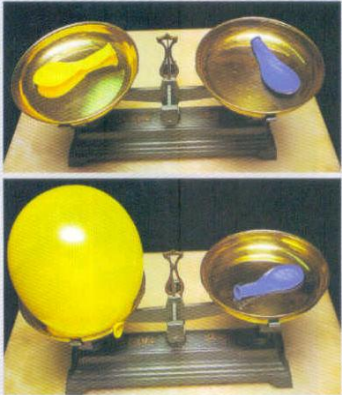
- Balança de pratos
- 2 balões de borracha

PROCEDIMENTO

1. Coloca um balão vazio em cada um dos pratos da balança e regista o que observas.
2. Enche um dos balões e volta a colocá-lo no prato. Regista novamente o que observas.

CONCLUSÃO

1. Compara os dois registos de observação. Que conclusão tiras?



O ar tem peso.

Figura 10

Exemplo de uma actividade de onde se extrai uma explicação descritiva (extraída do manual S9, p. 172)

Em mais de metade das actividades analisadas (21 actividades – 67.7%), as explicações a elas associadas foram classificadas como explicações causais. Podem referir-se, a título exemplificativo, as actividades destinadas a concluir que o oxigénio é um dos constituintes do ar ou que a combustão “consome” oxigénio (figuras 11 e 12).

Actividade 1 Qual será a composição do ar?

Material

- Duas tinas
- Gobelé
- Gobelé de 250 cm³
- Caneta de acetato ou etiquetas
- Duas velas
- Fósforos
- Água corada (com um corante, pode ser corante alimentar)

Procedimento

1. Assinala uma tina com a letra A e outra com a letra B.
2. Coloca nas duas tinas a mesma quantidade de água corada – 250 cm³.
3. Coloca as velas, como mostra a **figura 6A**.
4. Acende as velas.
5. Inverte o gobelé sobre a vela da tina B.
6. Regista o que observares nas duas tinas e compara com os resultados da **figura 6B**.



6

1. Descreve os resultados obtidos.
2. Como se pode explicar que a vela se tenha apagado?
3. E como se pode explicar que a água tenha subido no gobelé?
4. Porque se terá utilizado na montagem a tina A?
5. O que é que esta actividade permite concluir sobre a composição do ar?

Figura 11

Exemplo de uma actividade que solicita uma explicação do tipo causal (extraída do manual S2, p. 46)

Podemos verificar experimentalmente a presença de alguns dos gases constituintes do ar.



EXPERIÊNCIAS

1 — Presença de azoto e oxigénio

MATERIAL

- 2 tinas de vidro
- Frasco de boca larga
- Água corada
- 2 velas
- Fósforos

PROCEDIMENTO

1. Fixa uma vela acesa ao fundo de cada tina, usando pingos de cera da própria vela.
2. Deita igual quantidade de água corada nas tinas.
3. Acende as velas.
4. Tapa uma das velas com o frasco invertido, marca nele o nível da água (montagem A), e mantém a outra vela destapada (montagem B).

OBSERVAÇÕES

1. O que observas?
2. Porque se procedeu à montagem B?

CONCLUSÃO

Se marcares com um traço o nível da água no fim da experiência e medires a distância entre o primeiro e o segundo traço marcados no frasco, verificas que a água subiu cerca de um quinto relativamente à medida da altura do frasco.

A água, ao subir, foi ocupar o espaço do gás que se consumiu durante a combustão da vela, o que significa que o gás é comburente — o **oxigénio**. Quando se consumiu a totalidade do gás comburente a vela apagou-se. Os restantes quatro quintos do frasco permaneceram ocupados por um gás incomburente — o **azoto** — e, por isso, a água não subiu mais.

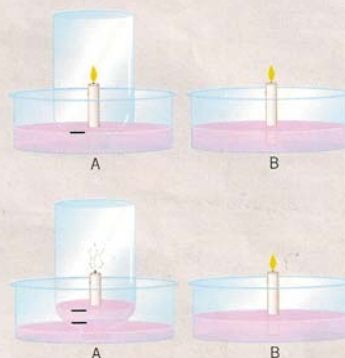


Figura 12

Exemplo de uma actividade que apresenta uma explicação do tipo causal (extraída do manual S9, p. 175)

Nestes casos, estabelece-se uma relação de causa-efeito, ou seja, ao colocar-se a vela dentro do gobelé e/ou frasco pretende-se que o aluno conclua que o facto de esta se apagar, ao fim de algum tempo (efeito obtido), deve-se ao “consumo” de oxigénio (causa desse efeito) que existia dentro do gobelé e/ou frasco, permitindo-lhe concluir (indirectamente) sobre a presença desse gás no ar.

Em relação à presença destes dois tipos de explicação, em cada um dos manuais escolares, menos de metade serve-se apenas de um tipo de explicação para os fenómenos em questão, especificamente, o causal (S3, S4, S7 e S8), enquanto que os restantes manuais analisados (S1, S2, S5, S6 e S9) contemplam dois tipos de explicação, designadamente, o descritivo e o causal.

4.2.2.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões

A análise efectuada aos protocolos das actividades laboratoriais presentes nos manuais de Ciências da Natureza, do 5º ano de escolaridade, no que respeita à inter-relação dados/evidências/conclusões, facultou-nos dados que se sintetizam na tabela 4.

Tabela 4

Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 5º ano de escolaridade

Aspectos	Categorias		Manuais escolares									Total		
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	f	%	
relação dados/ evidências	recolhem-se	A. apenas os dados que constituem evidências	A1. directas	—	2	—	—	1	1	—	1	3	8	25.8
			A2. indirectas	1	2	1	1	2	—	2	1	1	11	35.5
		B. alguns dados que são evidências mas insuficientes	1	2	1	1	2	1	1	—	—	3	12	38.7
		C. todos os dados que são evidências e outros dados	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		D. alguns dados que são evidências e outros dados	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		E. dados que não são evidências	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Relação evidências/ conclusões	elaboram-se	F. com base nas evidências necessárias e suficientes	1	4	1	1	3	1	2	2	4	19	61.3	
		G. com base em evidências insuficientes	1	2	1	1	2	1	1	—	3	12	38.7	
		H. sem evidências para tal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Focalizando a nossa análise na relação dados/evidências, os resultados obtidos revelam que o conjunto das actividades analisadas distribui-se pelas categorias A e B, destacando-se a categoria A que integra mais de metade dessas actividades (19 actividades – 61.3%).

Nestas situações fornecem-se indicações que levam os alunos a efectuar uma recolha de dados centrada, apenas, nas evidências necessárias e suficientes para se elaborarem as conclusões desejadas. Em oito destas situações (25.8%) as evidências são directas (A1), ou seja, os dados relevantes estão ao alcance dos sentidos dos alunos ou referem-se a grandezas que podem ser medidas, enquanto que em 11 actividades (35.5%) as evidências necessárias são indirectas (A2), sendo conseguidas por intermédio de um teste químico (ex: água de cal e sulfato de cobre anidro) que o aluno precisa conhecer e saber interpretar para poder usar, de modo a recolher dados sobre o fenómeno em causa.

Como exemplo para o primeiro caso (A1: dados que são evidências directas), podem referir-se as actividades que têm como objectivo principal mostrar algumas propriedades do ar (o peso, a compressibilidade e a variação de volume) ou do oxigénio (gás comburentes). Em qualquer um destes casos, são situações em que o aluno pode, de uma forma directa e acessível aos sentidos, recolher dados suficientes (êmbolo da seringa que não desce, diferença de “peso” entre balão cheio e balão vazio, avivar do pavio) para poder concluir o que se pretende. Para ilustração destas situações, apresentam-se as actividades inseridas na figura 10 (“o ar tem peso”) e na figura 13. Neste último caso, o aluno tem a possibilidade de recolher, directamente, os registos das medidas do êmbolo, antes e após ser pressionado, tendo, deste modo, evidências directas acerca da compressibilidade do ar.

EXPERIÊNCIAS

4 — O ar é compressível

MATERIAL

- Seringa de 10 cm³

PROCEDIMENTO

1. Introduz 10 cm³ de ar na seringa.
2. Tapa o orifício de saída com um dedo.
3. Empurra o êmbolo.
4. Sem tirar o dedo do orifício, solta o êmbolo.

OBSERVAÇÕES

1. O que observas quando empurras o êmbolo?
2. O que observas quando soltas o êmbolo?



O ar tem volume variável; logo, é compressível e elástico.

Figura 13

Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1
(extraída do manual S8, p. 173)

Para o segundo caso (A2: dados que são evidências indirectas), refira-se, a título exemplificativo, o teste do sulfato de cobre anidro (figura 14), cujo princípio do funcionamento é fornecido ao aluno e através do qual ele pode concluir (indirectamente) que as gotas de uma substância incolor, formadas numa superfície arrefecida, são gotas de água, sem, de facto, poder observar, directamente, qual é a substância que as constitui.

2.ª Investigação

Material (por grupo):

- dois gobelés de 250 ml;
- água;
- pedras de gelo;
- sulfato de cobre anidro.

Informação: O sulfato de cobre anidro é uma substância **branca** que fica **azul** na presença da água.

Procedimento:

- 1.º Coloca 100 ml de água em cada gobelé.
- 2.º Coloca, lado a lado, os gobelés A e B e junta algumas pedras de gelo à água do gobelé A. Aguarda um pouco.
- 3.º Olha com atenção para as paredes externas dos gobelés A e B e regista o que observares.
- 4.º Coloca um pouco de sulfato de cobre anidro sobre as paredes externas dos gobelés.

Observação: Regista as tuas observações (fig. 10).

Interpretação/Discussão:

- 1 Por que apareceram pequeninas gotas de água na parede do gobelé A?





Fig. 10 No gobelé A, o sulfato de cobre anidro ficou azul.

Figura 14

Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A2
(extraída do manual S5, p. 26)

Deste modo, para identificar a água, o aluno recorrendo a um teste químico (teste do sulfato de cobre anidro) que, por mudança de cor, quando colocado em contacto com as gotas de água, lhe indica que a substância constituinte das gotas é água, obtém evidências, indirectamente, pela utilização e interpretação do resultado do teste químico, cujo funcionamento precisa conhecer previamente (dado na “informação”). Situação análoga é a que se verifica na actividade ilustrada na figura 9, atrás apresentada, a propósito dos tipos de explicação. Também neste caso, propõe-se ao aluno a realização do teste da turvação da água de cal (cujo princípio de funcionamento não é aí descrito), pretendendo-se que ele constate a existência do dióxido de carbono no ar expirado.

Quanto à categoria B, incluem-se nela um menor número de actividades (11 actividades – 35.5%), em cujos protocolos se orienta o aluno no sentido de recolher apenas alguns dados que, ainda que sejam necessários, não são, todavia, evidências suficientes para se chegar à conclusão desejada. Como exemplo, mencionam-se as actividades através das quais se pretende demonstrar que o oxigénio é um dos constituintes do ar, as quais se centram na combustão de uma vela no interior de um frasco de boca larga e invertido sobre uma tina com água. É o que sucede nas actividades apresentadas nas figuras 11, 12 e 15.


Como é constituído o ar?

PARA INVESTIGAR

ACTIVIDADE 1


MATERIAL

- Duas tinas, A e B
- Água corada
- Duas velas com suporte
- Fósforos
- Etiquetas
- Frasco de boca larga
- Proveta

MODO DE PROCEDER

1. Deita 200 cm³ de água corada em cada tina, A e B.
2. Coloca, em cada tina, uma vela no respectivo suporte.
3. Acende as velas.
4. Inverte o frasco sobre a vela da montagem A.

- **Que observas:**
 - na montagem A?
 - na montagem B?
- **Interpretação da observação:**
 1. Porque se apagou a vela?
 2. Porque subiu a água no frasco?
 3. Porque não subiu mais a água no frasco?



4

Figura 15

Exemplo de uma actividade classificada na categoria B
(extraída do manual S6, p. 180)

Nos três casos referidos, o aluno apenas tem oportunidade de ver que a chama da vela se apaga. Ele não vê o oxigénio e não sabe, por isso, o que lhe acontece. Não lhe é dada a possibilidade de constatar o “consumo” de oxigénio, por exemplo, através de um sensor que lhe permitisse medir a variação da concentração (ou da quantidade relativa) desse gás dentro da campânula. Ainda que o protocolo não o refira explicitamente, dá a entender, através das questões colocadas, que pretende que se conclua que a extinção da chama se deve ao consumo do oxigénio que havia dentro do frasco, sem que, contudo, haja dados empíricos que apoiem essa conclusão (ex.: medição da alteração da concentração de oxigénio).

Esta situação de insuficiente recolha de dados para se poder concluir o que se pretende, é também visível na actividade atrás apresentada, na figura 12, a propósito dos tipos de explicação. Neste caso, tendo-se em conta o título desta actividade, pretendia-se verificar a presença de azoto e de oxigénio. Todavia, não é feita a recolha suficiente de dados para que o aluno possa verificar nem a existência do oxigénio, nem tão pouco a do azoto: o facto de a vela se apagar e a água subir na tina um quinto, não constituem evidências de que o oxigénio de “consumiu”, nem que o azoto lá permaneceu a ocupar o restante espaço da tina, respectivamente, até porque se formam outras substâncias (ex: dióxido de carbono).

Quanto à relação evidências/conclusões e conforme seria de esperar, os dados obtidos revelam-se concordantes com os apresentados na análise da relação anterior, ocorrendo duas situações na elaboração das conclusões das actividades: a) as conclusões são suportadas pelas evidências necessárias e suficientes que os dados fornecem (categoria F), conclusões estas que dizem respeito às 19 actividades (61.3%) cujas orientações para recolha de dados contemplavam as evidências necessárias e suficientes; b) as conclusões são elaboradas com base em evidências insuficientes (categoria G), acontecendo isto nas 12 actividades (38.7%) em que foi efectuada uma recolha de dados que não contempla todos aqueles que constituiriam evidências necessárias das conclusões a elaborar.

Resumindo e em conformidade com os resultados apurados, somos levados a admitir que as explicações dos fenómenos físicos, associadas às actividades laboratoriais, tal como são apresentados pelos manuais escolares, deste nível de ensino, apresentam uma configuração algo idêntica às do nível de ensino anteriormente analisado. Assim:

- Mais de metade (67.7%) das actividades têm associadas explicações causais;

- Não há nenhuma actividade que apresente explicações dependentes da utilização de modelos teóricos;
- A maior parte das actividades (61.3%) tem associadas explicações assentes em evidências suficientes; contudo, ainda há uma percentagem considerável (38.7%) de actividades que apresentam explicações sem que haja evidências suficientes para tal (evidências insuficientes).

4.2.3. Manuais escolares do 8º ano de escolaridade

4.2.3.1. Análise dos tipos de explicação

Os dados da análise efectuada às actividades incluídas em manuais escolares de Ciências Físico-Químicas, do 8º ano de escolaridade, no que respeita ao tipo das explicações, acerca de fenómenos físicos, expõem-se na tabela 5.

Tabela 5
Tipos de explicações associadas às actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 8º ano de escolaridade

manuais tipos de explicação	T1 (n=3)	T2 (n=7)	T3 (n=3)	T4 (n=5)	T5 (n=4)	T6 (n=2)	T7 (n=4)	total de cada tipo de explicação	
								f	%
descritivo	—	—	1	1	—	—	2	4	14.3
causal	—	6	2	2	—	2	2	14	50.0
interpretativo	3	1	—	2	4	—	—	10	35.7

Como nos é dado ver pela consulta detalhada desses mesmos dados, nas actividades incluídas nos manuais escolares de Ciências deste nível de ensino, ressalta um certo desnível quanto à presença dos três tipos de explicação identificados (descritivo, causal e interpretativo).

As explicações causais são as que surgem com maior frequência, ou seja, exactamente em metade das actividades sujeitas a análise (14 actividades – 50.0%). Para ilustrar este tipo de explicação, refiram-se, por exemplo, as actividades que pretendem demonstrar uma das propriedades do oxigénio, especificamente, que o oxigénio é um gás comburente e que, portanto, é contrário ao dióxido de carbono (figura 16). Assumindo-se que se preparou, previamente, o oxigénio, o qual se recolheu num tubo de ensaio, ao colocar um pavio em brasa na boca do tubo, o pavio aviva (efeito). O avivar da brasa é atribuído ao facto de o oxigénio “alimentar as combustões”, ou mais, propriamente, ao facto de o oxigénio ser um gás que participa na reacção da combustão (causa).

Ser combustível; ser comburente

Repara na sequência de operações ilustrada nas figuras ao lado.

O pavio arde no ar mas apaga-se no frasco que contém dióxido de carbono.

O pavio, porque arde, é **combustível**.
O ar, porque permite que o pavio arda, isto é, porque alimenta a combustão, é **comburente**.

Na segunda fase de operações o pavio em brasa, quando introduzido no frasco com oxigénio, arde com chama. Verifica-se, assim, que o oxigénio é comburente. Na realidade, o ar alimenta as combustões porque contém oxigénio.

Podemos testar muitas outras propriedades físicas e químicas nos diferentes materiais.

São estas propriedades que nos permitem identificar as substâncias que compõem os materiais e, como veremos em seguida, planificar procedimentos capazes de as separar.

Figura 16

Exemplo de uma actividade que inclui uma explicação do tipo causal
(extraída do manual T6, p. 18)

É também possível constatar esta relação de causalidade (a qual traduz o porquê do fenómeno) na actividade apresentada na figura 24 (identificar o oxigénio como componente do ar). Os motivos são os já anteriormente referidos, aquando da apresentação de dados respeitantes a actividades análogas, incluídas em manuais escolares dos 4º e 5º anos de escolaridade: o facto de a vela se apagar (efeito) é da “responsabilidade” do “consumo” do oxigénio (causa), dentro da campânula de vidro.

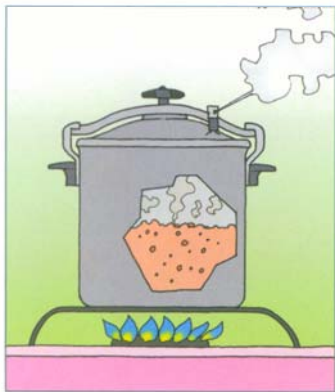
Quanto às explicações interpretativas, verifica-se que surgem em cerca de metade do total das actividades analisadas (10 actividades – 35.7%) e, portanto, em menor valor percentual do que as causais, mas em maior valor percentual do que as descritivas. A título exemplificativo, daquele tipo de explicação, podem mencionar-se algumas actividades através das quais se dá a conhecer a relação existente entre a pressão e a temperatura de um gás (figuras 17 e 23), entre a pressão e o volume de um gás (figura 18) ou entre a pressão e a quantidade de corpúsculos (figura 19).

Em qualquer um destes casos, o fenómeno em questão é fundamentado recorrendo às características específicas do ar, nomeadamente, o comportamento dos corpúsculos do ar (aumento do número de colisões/de choques e diminuição do espaço entre as partículas), face às variações de temperatura ou de pressão, referindo-se e relacionando-se as entidades envolventes com a teoria conhecida previamente. Assim, a explicação surge suportada por um modelo para a constituição e comportamento do ar.

Será que o volume ocupado por um gás depende da pressão? E da temperatura?

A temperatura de um corpo corresponde a uma medição do maior ou menor estado de agitação dos corpúsculos que o constituem.

A pressão de um gás corresponde à medição do maior ou menor número de colisões dos corpúsculos que o constituem com as paredes do recipiente onde está armazenado.



Considera uma panela de pressão, das que usualmente existem nas cozinhas de nossas casas.

Quando se aumenta a temperatura, aumenta a agitação das partículas do gás que se encontra no interior da panela e, em consequência, aumenta também o número de colisões entre elas e com as paredes da panela, bem como a sua violência, provocando assim um aumento da pressão.

Um aumento de temperatura (a volume constante) implica um aumento de pressão.

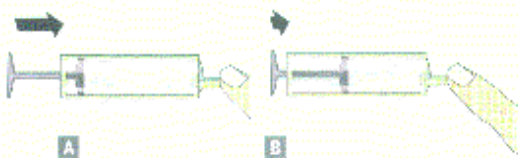
57 Quando aumenta a temperatura, a pressão aumenta (se o volume se mantiver constante).

Figura 17

Exemplo de uma actividade que recorre a uma explicação do tipo interpretativo (extraída do manual T4, p. 96)

Forças de pressão

O volume que o gás ocupa depende do volume do recipiente que o contém. Depois de realizada a actividade que a figura 8 sugere, pode verificar-se que à medida que se empurra o êmbolo o volume dentro da seringa vai diminuindo.



8. Deixar entrar ar dentro da seringa e tapar a sua extremidade com um dedo (A). Empurrar para dentro o êmbolo, de forma a diminuir o volume dentro da seringa (B).

Ao realizar-se a experiência da figura 8, sente-se que a força exercida no dedo aumenta. Isto acontece porque as partículas de ar chocam com as paredes da seringa e a superfície do dedo, exercendo uma **força de pressão** sobre eles. Se uma partícula não faz grande diferença, milhões e milhões de partículas já exercem uma força considerável (pressão). Assim, a **pressão** é a força exercida pelos corpúsculos por unidade de área.

Figura 18

Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo interpretativo (extraída do manual T5, p. 102)

Pressão e quantidade de corpúsculos

Considere-se agora um balão sujeito às condições ilustradas no esquema da figura 11.



11. Variação da pressão com o aumento do número de corpúsculos. Quando num balão já cheio com uma determinada quantidade de gás (A), se continua a introduzir gás (B), o volume do balão praticamente não aumenta. Assim, ao fim de algum tempo, o balão rebenta (C).

Aumentando a quantidade de corpúsculos dentro do balão, já cheio (volume do recipiente constante), o número de colisões entre eles e as paredes internas do balão é maior. Como consequência, há um aumento de pressão no interior do balão. Numa situação extrema, pode verificar-se o rompimento das paredes do recipiente, ou seja, o balão pode rebentar.

Quando se aumenta a quantidade de corpúsculos no volume fixo de um recipiente, a pressão no interior daquele aumenta.

Figura 19


Exemplo de uma actividade cuja explicação é do tipo interpretativo (extraída do manual T5, p. 103)

As explicações que aparecem em menor valor percentual são as explicações descritivas, presentes, apenas, em quatro das actividades analisadas (14.3%). Nestes casos, as indicações dadas orientam no sentido de se descrever o que acontece. Cita-se, por exemplo, uma actividade cuja finalidade consiste em comparar o peso e o volume de dois balões, antes e depois de serem colocados numa tina com água que se encontra sobre uma placa de aquecimento, e numa tina com cubos de gelo (figura 20). De acordo com as directrizes dadas ao aluno, este apenas obtém uma descrição do fenómeno em questão, designadamente, um aumento ou uma diminuição de volume do ar existente dentro dos balões, quando sujeitos a uma variação de temperatura, não sendo solicitado a encontrar o porquê do que observa/constata.

O espaço vazio é importante

Necessitas de:

- três balões de borracha;
- duas tinas;
- água e gelo;
- uma placa de aquecimento;
- uma balança.



61

1. Enche os três balões com ar, não muito cheios, de forma a que fiquem aproximadamente iguais; fecha os balões com um nó.
2. Numera os balões com os números 1, 2 e 3.
3. Pesa os balões e regista a sua massa.
4. Mede o diâmetro de cada balão na parte mais larga.
5. Coloca o balão 1 dentro de uma tina com gelo.
6. Aguarda 20 minutos.
7. Retira o balão do gelo e compara o seu volume com o do balão 3.
8. Coloca o balão 2 noutra tina com água e coloca-a sobre a placa de aquecimento.
9. Observa o que acontece ao tamanho do balão 2 à medida que a água vai aquecendo (cuidado, não deixes aquecer demais, pois o balão pode rebentar).
10. Retira o balão e compara o seu volume com o do balão 3.
11. Pesa de novo os três balões.
12. O que conclusis?

Figura 20
Exemplo de uma actividade da qual se extrai uma explicação descritiva
(extraída do manual T4, p. 97)

Centrando-nos, agora, na presença destes três tipos de explicação, em cada um dos manuais analisados, constata-se que, embora as explicações interpretativas surjam em número considerável, não aparecem, contudo, em todos os manuais analisados. Somente quatro manuais escolares (T1, T2, T4 e T5) as utilizam para os fenómenos a que as respectivas actividades dizem respeito e, um deles (T2), apenas faculto esse tipo de explicação em uma única actividade.

Situação análoga é a que se verifica no caso das explicações descritivas, pois também só três manuais escolares as incluem nas actividades que propõem (T3, T4 e T7). Quanto às explicações causais, embora lhes caiba a predominância em relação aos demais tipos, não deixam, contudo, de estar ausentes em alguns manuais escolares (T1 e T5).

4.2.3.2. Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões

Os resultados obtidos na análise respeitante à inter-relação dados/evidências/conclusões, presente nas actividades laboratoriais analisadas, encontram-se na tabela 6.

Tabela 6
Análise da inter-relação dados/evidências/conclusões nas actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares do 8º ano de escolaridade

Aspectos	Categorias		Manuais escolares							Total (n=28)		
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	f	%	
relação dados/evidências	recolhem-se	A. apenas os dados que constituem evidências	A1.directas	1	1	—	2	1	2	1	8	28.6
			A2.indirectas	—	—	2	—	—	—	2	4	14.2
		B. alguns dados que são evidências mas insuficientes	2	6	1	3	3	—	1	16	57.2	
		C. todos os dados que são evidências e outros dados	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		D. alguns dados que são evidências e outros dados	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		E. dados que não são evidências	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
relação evidências/conclusões	elaboram-se	F. com base nas evidências necessárias e suficientes	1	1	2	2	1	2	3	12	42.8	
		G. com base em evidências insuficientes	2	6	1	3	3	—	1	16	57.2	
		H. sem evidências para tal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Como se pode constatar, no que concerne à relação dados/evidências, à semelhança do que se verificou nas actividades respeitantes ao ano de escolaridade, anteriormente analisado (5º ano), também no 8º ano de escolaridade, o grupo das actividades consideradas para análise distribui-se, apenas, pelas categorias A e B.

A categoria A não prevalece sobre a categoria B, já que reúne menos de metade das actividades (12 actividades – 42.8%), as quais se repartem pelas duas subcategorias consideradas (A1 e A2), existindo, especificamente, 8 actividades (28.6%) nas quais os dados recolhidos constituem evidências directas do que se pretende concluir (A1) e quatro actividades (14.2%) nas quais as evidências necessárias são conseguidas de forma indirecta (A2), ou seja, através do recurso a testes químicos previamente conhecidos. Para a primeira subcategoria referida (A1: dados que constituem evidências directas), indica-se, como exemplo, uma actividade na qual se pretende demonstrar a relação existente entre a pressão e o volume de um gás (figura 21).

Relação entre a pressão e o volume de um gás (a temperatura constante)

Analisa as situações seguintes. Ilustram a relação entre a **pressão** de um gás e o seu **volume**, a temperatura constante.

Para isso, considera uma seringa que contém um determinado **volume** de ar (fig. 73).

Os corpúsculos constituintes do ar exercem **pressão** nas paredes internas da seringa.

- Se exerceres **maior pressão** empurrando o êmbolo para dentro, com a extremidade da seringa tapada, a mesma porção de ar comprime-se. Passa a ocupar um **volume menor** (fig. 74-A).

Durante a compressão, os espaços entre os corpúsculos diminuem. O número de colisões entre os corpúsculos do ar e contra as paredes internas da seringa **aumenta** (fig. 74-B). Por isso, a **pressão do ar aumenta**.



Fig. 73

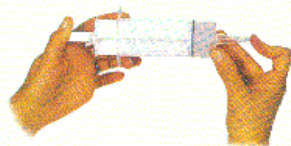


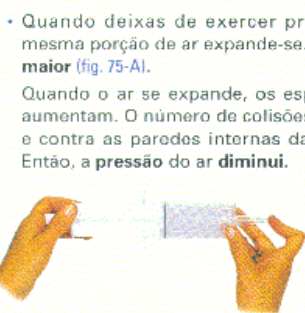
Fig. 74-A



B

Palavras-chave

- Pressão
- Temperature
- Volume



A



B

- Quando deixas de exercer pressão sobre o êmbolo, a mesma porção de ar expande-se. Passa a ocupar um **volume maior** (fig. 75-A).

Quando o ar se expande, os espaços entre os corpúsculos aumentam. O número de colisões entre os corpúsculos do ar e contra as paredes internas da seringa **diminui** (fig. 75-B). Então, a **pressão do ar diminui**.

Figura 21

Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A1
(extraída do manual T1, p. 177)

À medida que se vai exercendo pressão sobre o êmbolo (empurrando-o para dentro) de uma seringa cheia de ar, depois de se tapar o orifício com um dedo, o aluno pode observar, directamente, que o volume do ar, dentro da seringa, vai diminuindo. Os dados recolhidos (registo da medida da descida do êmbolo, mais pressão exercida, embora esta em termos relativos, maior/menor) são suficientes e constituem uma evidência directa para a conclusão: um aumento de pressão faz diminuir o volume de uma dada quantidade de ar.

Ainda a este respeito, são também exemplos as actividades ilustradas nas figuras 16, 18 e 20. Em cada uma delas é possível recolher, directamente, os dados necessários para se poder concluir o que se deseja, respectivamente, que o oxigénio é comburente (avivar da brasa), que o ar diminui de volume quando sujeito a pressão (registo da medida do êmbolo antes e após ser pressionado) e que ocorre uma variação do volume do ar em função da alteração da temperatura (registo do peso dos balões antes e depois de serem aquecidos e/ou arrefecidos).

Quanto à segunda subcategoria (A2: dados que constituem evidências indirectas), pode ser ilustrada, por exemplo, pelas actividades nas quais se tenciona concluir que o ar expirado contém dióxido de carbono (figura 22). Como o dióxido de carbono não se vê, recorre-se ao teste da água de cal. O aluno sabe, de antemão, que o dióxido de carbono turva a água de cal e, ao assistir à sua turvação, conclui da presença de dióxido de carbono. Deste modo, o aluno não possui evidências directas que sirvam de base à ideia de que “o ar contém dióxido de carbono”, apenas consegue evidências indirectas interpretando o resultado do teste químico, conforme já tivemos oportunidade de atrás referir.

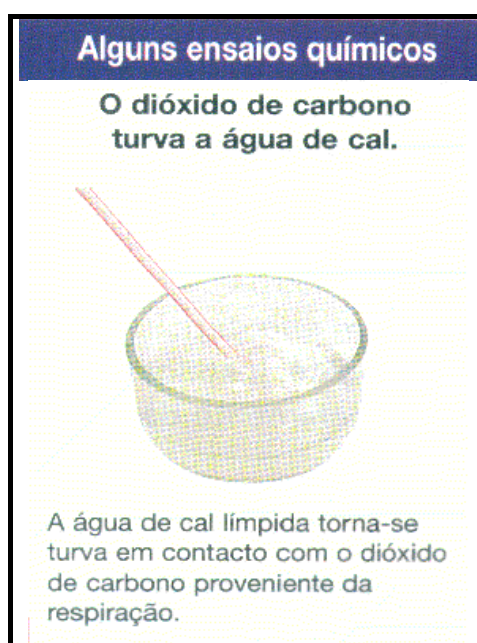


Figura 22

Exemplo de uma actividade classificada na subcategoria A2
(extraída do manual T7, p. 159)

Quanto à categoria B, agrupam-se nela mais de metade das actividades analisadas (16 actividades – 57.2%). Nestes casos, os dados recolhidos, sendo também necessários, não constituem, contudo, evidências suficientes para que se possa concluir o que se pretende. Estão nesta situação algumas actividades através das quais se pretende demonstrar que existe uma relação entre a pressão e a temperatura de um gás, provocando, nomeadamente, uma variação (aumento ou diminuição) da temperatura.

A título ilustrativo, refira-se a actividade ilustrada na figura 23.

EXPERIÊNCIA DE SALA DE AULA

Agitação dos corpúsculos do ar com a temperatura

PRECISAS DO SEGUINTE MATERIAL:

- Tubo em U
- Rolha de borracha
- Água com corante (fluoresceína)
- Lamparina de álcool
- Suporte com garra e noz

- Coloca o tubo em U num suporte com a respectiva garra (fig. 71-A).
- Introduz nesse tubo uma certa quantidade de água à qual adicionaste uma pequeníssima quantidade de fluoresceína.
- Tapa uma das extremidades do tubo em U com a rolha de borracha.
- Aquece, à chama da lamparina de álcool, a porção de ar contida no ramo do tubo tapado e observa (fig. 71-B).
- Aguarda alguns instantes e verifica o que ocorre (fig. 71-C).






Fig. 71-A



B



C

Que observas?

- Quando aqueces a porção de ar contida na extremidade tapada do tubo em U, o líquido desce no ramo I e sobe no ramo II.
- Após o arrefecimento, o nível do líquido nos dois tubos é igual.

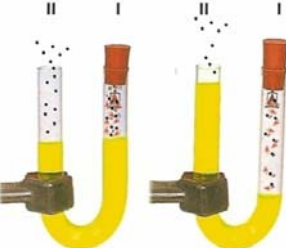




Fig. 72-A



B

Como se explica o que observaste?

- Na porção de ar contida no ramo tapado, o número de corpúsculos não se altera.
- Durante o aquecimento, os corpúsculos agitam-se cada vez mais, distanciando-se uns dos outros (fig. 72-A). Aumenta o número de choques dos corpúsculos contra as paredes do tubo e contra a superfície do líquido, obrigando-o a descer (fig. 72-B).



Há uma relação entre a **pressão** e a **temperatura** de um gás, a **volume constante**.

Quando ocorre um **aumento da temperatura**, aumenta a **pressão** que o gás exerce sobre as paredes do recipiente que o contém.

Figura 23

Exemplo de uma actividade classificada na categoria B
(extraída do manual T1, p. 176)

Trata-se de uma actividade realizada com um tubo em U colocado num suporte e contendo alguma quantidade de água, à qual se adicionou um pouco de fluoresceína, tapando-se, com uma rolha de borracha, uma das extremidades do tubo. Ao aquecer o ar contido na extremidade tapada do tubo, o aluno só tem a possibilidade de observar a subida do líquido na outra extremidade do tubo. Deste modo, acaba por recolher dados que somente lhe permitem constatar os efeitos do aumento da temperatura (subida), sobre a posição do líquido no interior do tubo, mas não, propriamente, sobre o


aumento da pressão do ar ocorrido dentro do mesmo. De acordo com o que é permitido ao aluno observar, é possível que tenda a relacionar a temperatura com o volume, mas não com a pressão. Para estabelecerem relação com esta última, deveria recolher dados sobre pressão que lhe permitissem inferir sobre a variação desta grandeza física.

Pode, ainda apresentar-se, como exemplo ilustrativo desta situação, uma outra actividade incluída na categoria B, nomeadamente, a que a figura 24 ilustra.

Exp 7 Um dos componentes do ar

O ar é uma mistura gasosa. Os seus componentes principais são o oxigénio e o azoto.

– Como comprovar que um dos componentes do ar é o oxigénio?
– Qual dos dois componentes principais do ar existe em maior quantidade?



Experimenta

Material

Vela	Tina de vidro com água
Campânula de vidro (ou um copo de boca larga)	Fósforos

Procedimento

- 1 Segura a vela no fundo da tina de vidro, por meio de alguns pingos de cera fundida.
- 2 Coloca um pouco de água na tina e acende a vela (fig. 17).
- 3 Tapa a vela com a campânula de vidro e observa atentamente (fig. 18).




Fig. 17




Fig. 18

- 4 Regista as tuas observações.

Responde

- 1 Completa correctamente as frases A, B e C que se seguem.

A – A chama da vela _____ durante algum tempo depois de ser tapada pela campânula. Isto acontece porque o ar dentro da campânula contém _____.

B – A vela apaga-se após algum tempo porque o _____ acabou.

C – A altura da água dentro da campânula _____, porque o _____ se gastou enquanto a vela ardeu.
- 2 Explica como podes concluir, a partir desta experiência, que dos dois componentes principais do ar, o oxigénio é o que existe em menor quantidade.

Figura 24

Exemplo de uma actividade classificada na categoria B
 (extraída do manual T7, p. 181)

Tal como já se referiu em secções anteriores, a propósito da apresentação de situações semelhantes, verificadas em actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares dos outros dois anos de escolaridade (4º e 5º anos), também neste caso o aluno não recolheu e, por isso, não possui evidências suficientes que lhe permitam chegar às conclusões formuladas: que havia oxigénio dentro da campânula; que ao fim de algum tempo esse oxigénio foi “consumido”; que a altura da água subiu no interior da campânula devido ao “gasto” do oxigénio; que o oxigénio é o componente que existe em menor quantidade.

No que concerne à relação evidências/conclusões, os resultados obtidos revelam que as conclusões formuladas nas actividades analisadas se centram, exclusivamente, em duas categorias, especificamente:

- A categoria F que agrupa 12 actividades (42.8%), nas quais se conclui com base nas evidências necessárias e suficientes que os dados recolhidos fornecem.
- A categoria G que inclui 16 actividades (57.2%), cujas conclusões são formuladas com base em evidências insuficientes, na medida em que foi efectuada uma recolha de dados que não contempla aqueles que constituiriam evidências necessárias das conclusões a elaborar.

Em síntese, e comparativamente com as explicações dos outros dois níveis de ensino, analisadas anteriormente, podemos considerar que as explicações associadas às actividades laboratoriais respeitantes a este nível de ensino são as que possuem maior nível de complexidade. Todavia, nota-se uma certa discrepância, em relação aos dois aspectos analisados:

- Por um lado, ainda que em percentagem considerável, uma redução percentual no que respeita ao número de actividades que usa explicações causais (50.0%), bem como descritivas (14.3%), em prol do aumento do número de actividades que recorre às explicações interpretativas (35.7%);
- Por outro lado, um número elevado de actividades de actividades (57.2%) apresentam conclusões que não têm por base as evidências que seriam suficientes para se poderem formular.

4.2.4. Discussão dos resultados obtidos no estudo desenvolvido com manuais escolares

Através das constatações que acabam de se expor, acerca da forma como os manuais escolares de Ciências, do Ensino Básico, lidam com a explicação científica, relativa a fenómenos físicos relacionados com “comportamentos e características do ar”, obtém-se uma confirmação do que a literatura relata, quer no que respeita ao tipo de explicação usado para os fenómenos que as actividades laboratoriais reproduzem, quer quanto à inter-relação dados/evidências/conclusões associada pelos manuais a essas mesmas actividades.

Assim, no que concerne ao conjunto de todas as actividades laboratoriais analisadas (124 actividades), é notória a preferência concedida às explicações causais (66.9%), a quantidade considerável de explicações descritivas (22.6%) e a escassez das explicações interpretativas (10.5%). No que respeita à análise dos tipos de explicação associados às actividades laboratoriais, os resultados obtidos evidenciam diferenças, entre os manuais escolares dos três níveis de ensino considerados, no que respeita à forma de explicar os referidos fenómenos físicos.

Em relação aos resultados obtidos para cada um dos três subgrupos de manuais escolares, sobressai que, nas actividades analisadas e incluídas nos manuais escolares do 4º ano de escolaridade, à presença maioritária de explicações causais (73.9%), seguidas de uma considerável quantidade de explicações descritivas (21.5%), opõe-se o baixíssimo número das explicações interpretativas (4.6%).

Passando para o subgrupo de manuais relativo ao 5º ano, verifica-se um pequeno decréscimo percentual de explicações causais (67.7%), uma total ausência de explicações do tipo interpretativo (0.0%) e, conseqüentemente, um aumento do número de actividades às quais se associam explicações descritivas (32.3%).

Por último, no que respeita aos manuais escolares de Ciências Físico-Químicas do 8º ano, os resultados obtidos permitem constatar que eles se distinguem dos manuais dos dois outros dois anos de escolaridade (4º e 5º anos), em termos de complexidade das explicações que facultam. De facto, este grupo de actividades é o que inclui menos explicações quer descritivas (14.3%), quer causais (50.0%) e o que inclui mais explicações interpretativas (35.7%).

Ao longo dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), decrescem, portanto, as explicações causais (73.9%, 67.7% e 50.0%, respectivamente), aumentam as explicações descritivas, mas só do 4º

para o 5º ano (21.5%, 32.3%), pois diminuem do 5º para o 8º ano (14.3%) e assumem uma percentagem considerável, apenas no 8º ano (35.7%) as explicações interpretativas.

No que concerne à análise das actividades laboratoriais, em termos de inter-relação dados/evidências/conclusões, em conformidade com os dados apresentados nas secções anteriores, também se detectaram diferenças entre os subgrupos de manuais escolares de cada um dos três níveis de ensino. Assim, é nos manuais escolares do 4º ano de escolaridade que existe uma maior percentagem de actividades cujas conclusões são apoiadas em evidências insuficientes (83.1%), constatando-se que poucos são os casos (15.4%) em que o aluno tem acesso às evidências necessárias para poder elaborar a conclusão desejada. Assim, a maioria dessas actividades fornecem dados ou dão indicações aos alunos no sentido de recolherem dados que, embora constituam evidências (parciais) da conclusão pretendida, são, todavia, insuficientes para o aluno poder elaborar essa conclusão. Deste modo, e dado que os manuais não introduzem qualquer informação adicional, decorrente de modelos teóricos relacionados com o fenómeno em causa, as conclusões são apresentadas sem que sejam recolhidas e/ou disponibilizadas as evidências que seriam necessárias para as suportar.

O subgrupo de manuais escolares do 5º ano é aquele em que surgem em menor percentagem (38.7%) as actividades laboratoriais cujas conclusões são apoiadas em evidências insuficientes. Consequentemente, neste ano de escolaridade, mais de metade das actividades sujeitas a análise (61.3%) facultam as conclusões, apoiando-as em evidências suficientes e necessárias, recolhidas quer directa (25.8%), quer indirectamente (35.5%).

No caso do subgrupo de manuais escolares do 8º ano de escolaridade, na maior parte das actividades (57.2%) são apresentadas as conclusões, sem serem facultadas aos alunos evidências necessárias para tal. Nas restantes actividades laboratoriais são apresentados dados que constituem evidências necessárias e suficientes (42.8%). Assim, constata-se que do 4º para o 5º ano de escolaridade, ocorre uma redução bastante considerável do número de actividades laboratoriais cujas conclusões são elaboradas com base em evidências insuficientes, voltando a inverter-se a situação quando se compara o subgrupo do 5º ano com o do 8º ano.

A análise efectuada aos três subgrupos de actividades laboratoriais, pertencentes a cada um dos três anos de escolaridade considerados (4º, 5º e 8º anos), revela, portanto, a existência de lacunas, nas referidas actividades. Todavia, os resultados obtidos neste estudo eram expectáveis por estarem em consonância, quer com as opiniões emitidas por alguns investigadores (por ex: Hodson,

1998b)), segundo os quais se enfatiza o fazer (recolha de dados) em vez de o pensar (interpretação dos dados e problematização das evidências), quer com as conclusões a que outros autores chegaram, quando analisaram aspectos que têm a ver com esta temática, tais como: a recolha de evidências através das ilustrações e/ou imagens (Jiménez Valladares & Perales Palácios, 2002), a inter-relação dados/evidências/conclusões presente nos protocolos de actividades laboratoriais (Leite & Figueiroa, 2002) e, até mesmo, os tipos de explicação incluídos em textos escritos (Newton *et al.*, 2002).

No que concerne à evolução do tipo de explicação, ao longo dos três níveis de ensino, os resultados obtidos não eram os esperados, na medida em que se esperava que a complexidade das explicações propostas pelos manuais escolares fosse aumentando com o ano de escolaridade. Porém, tal não acontece, dado que, do 4º para o 5º ano de escolaridade, ao contrário do que, supostamente, deveria acontecer, parece diminuir a complexidade das explicações formuladas e que, apenas do 5º para o 8º ano, aumenta essa complexidade, aumento esse que é devido ao maior número de actividades que, nos manuais escolares do 8º ano, recorrem a modelos para explicar os fenómenos que reproduzem.

As explicações descritivas, que relatam o que acontece, aparecem associadas, principalmente, a actividades centradas no comportamento do ar, em estreita associação com características como volume, peso, pressão e elasticidade. Algumas actividades, pelos seus objectivos, como é o caso das que têm como finalidade identificar a presença de alguns constituintes do ar (oxigénio, dióxido de carbono e vapor de água), revelam-se mais propensas à descrição do que acontece do que à interpretação. A elaboração de explicações de nível mais complexo exigiria que, de algum modo, se lidasse com um modelo corpuscular para o ar, o qual, de acordo com o Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001), actualmente em vigor, só será abordado no 3º ciclo. Aliás, na perspectiva de alguns especialistas (Unsworth, 1997; Hodson, 1998b)), será até aconselhável a separação entre a descrição do que se observou e a explicação do que aconteceu, no que se observou. O autor defende que primeiro se deve observar e só depois explicar, dado que, para além de se evitar a improdutividade do uso antecipado de uma linguagem científica, aquando da explicação, a observação de fenómenos, também conduz ao desenvolvimento de técnicas de observação e de manipulação, necessárias à obtenção de evidências.

Pese embora a relevância e a imprescindibilidade da descrição na explicação dos fenómenos físicos, convém não esquecer que, após a obtenção de dados, limitar a explicação apenas à descrição do que se observou, acaba por resultar uma situação incompleta do ponto de vista científico, dado que

as Ciências têm como finalidade o estabelecimento de relações entre diferentes observações (Pujol, 1994) e a interpretação das mesmas. Tal como considera Ball (1999), para que, em contexto escolar, os dados recolhidos se tornem evidências, necessitam de ser ligados a uma acção ou a um pensamento posterior, o que, segundo alguns especialistas (Taylor, 2001; Taylor & Dana, 2003; Hogarth *et al.*, 2005), só é alcançável pelo estabelecimento de relações estruturais entre os diversos conceitos, necessárias à explicação dos fenómenos físicos. Daí, serem também necessárias a organização e a interpretação dos dados observados e recolhidos, à custa de modelos e teorias, previamente existentes (Ntombela, 1999) ou, por outras palavras, ser necessária a explicação interpretativa.

Embora se identifique, no total das 124 actividades analisadas, a preferência pelas explicações causais (66.9%), o que pode parecer animador, quando se pensa em termos de complexidade da relação causal, a grande maioria (deste numero considerável), porém, apenas refere a grandeza ou a entidade a que atribuem a responsabilidade da ocorrência do fenómeno (“devido à pressão”, “devido ao consumo de oxigénio”, “devido à presença de ...”), não aprofundando o modo como essa grandeza actua ou por que a entidade em causa se comporta de determinada forma. Contudo, não obstante a quantidade considerável de actividades que incluem explicações deste tipo (causal) e entre as quais se contam as que se relacionam com a combustão da vela (4º, 5º e 8º anos) e com os efeitos da pressão atmosférica (4º ano), convém salientar que as mesmas foram, quase na totalidade, classificadas na categoria B (dados que constituem evidências insuficientes). Isto significa que nestas actividades se formulam explicações, mas, sem dispor do necessário fundamento empírico.

Perante as constatações obtidas, não parece que seja o nível etário dos alunos e, por conseguinte, a sua maior ou menor capacidade para aprender, que tenha influenciado os autores de manuais escolares, quanto à forma de explicar os fenómenos naturais, caso contrário, a complexidade das explicações iria aumentando, regularmente, com o nível de ensino, o que na realidade não se verifica. Acresce que, o que se constata é a repetição de actividades e de tipos de explicação a elas associados, ao longo dos três níveis de escolaridade. Disso são exemplo as actividades respeitantes à combustão da vela, bem como as que têm a finalidade de mostrar o comportamento do ar (pressão, peso, elasticidade) e para as quais, em qualquer um dos três anos de escolaridade (4º, 5º e 8º anos), os autores de manuais escolares recorrem ao mesmo tipo de explicação para os fenómenos (tipo causal), sendo quase todas elas classificadas na categoria B (apoiam as conclusões em evidências insuficientes).

Os casos em que as diferenças, entre os manuais escolares dos três níveis de ensino, são mais acentuadas, coincidem com os tópicos específicos de cada ano de escolaridade e não com os tópicos que já haviam sido previamente abordados. Tal facto torna evidente a forma idêntica como os manuais escolares, independentemente do nível de escolaridade, facultam explicações de fenómenos físicos. com efeito, tal semelhança não se devia verificar, à medida que se avança para o nível academicamente superior, mas antes, devia aumentar o grau de complexidade das explicações para os fenómenos físicos, com o avançar do nível de ensino. De facto, é no caso da identificação de alguns constituintes do ar, pela realização dos testes químicos (5º ano) que surge o maior número de explicações causais e no tópico que se centra na relação pressão, volume e temperatura (8º ano) que mais se utilizam explicações interpretativas.

A recolha e análise de dados deverá servir para suportar, empiricamente, a explicação científica (Cobern & Loving, 2000), após a selecção dos dados que constituem evidências do fenómeno em causa (Ogborn *et al.*, 1997). Tendo em conta os resultados obtidos, é possível concluir que os manuais escolares analisados não lidam da melhor forma com a explicação de fenómenos físicos, pois, ao contrário do que seria desejável, não facultam aos alunos oportunidades para seleccionar, de entre um conjunto alargado de dados, os dados que constituem evidências, imprescindíveis à formulação de uma explicação para os fenómenos físicos (Ball, 1999; Baird, 1995). Sendo os manuais escolares um recurso crucial para o ensino e a aprendizagem das Ciências (Jiménez Valladares & Perales Palácios, 2002), deveriam apresentar-se como um precioso contributo nesse sentido, facultando, aos alunos, oportunidades de desenvolver competências explicativas, designadamente, através das actividades laboratoriais que propõem.

Evidencia-se, assim, uma realidade contraditória. Por um lado, os responsáveis pelas orientações curriculares parecem concordar com os especialistas, na medida em que quer uns, quer outros, propõem colocar os alunos em situações que lhes permitam não só decidir sobre a recolha de dados e a selecção de evidências, mas também explicar determinado fenómeno físico. Por outro lado, quer neste estudo, quer em outros que já tivemos oportunidade de descrever anteriormente (ex: Leite & Figueiroa, 2002; 2004), os manuais escolares não promovem uma adequada inter-relação dados/evidências/conclusões e, mesmo os do 8º ano, raramente fomentam a utilização de modelos, para interpretar os dados recolhidos.

Através de outros estudos (Figueiroa, 2001; Moreira, 2003), sabe-se que grande parte das características das actividades laboratoriais que os manuais escolares de Ciências do 5º ano sugerem

são resultantes das concepções que os próprios autores perfilham e que passam, designadamente, por considerar que “os alunos, nestas idades, são incapazes de pensar e de investigar” (Figueiroa, 2001, p. 163). Acresce, ainda, que tais características parecem ser pouco influenciadas pelas orientações curriculares (Moreira, 2003). Tais factos, pela afinidade que apresentam com o assunto investigado no presente estudo, levam a supor que a forma pouco adequada com que os manuais escolares ajudam os alunos a aprender a explicar os fenómenos físicos seja fruto de concepções que os próprios autores sustentam a este respeito e/ou de alguma falta de reflexão sobre o assunto.

Para concluir, convém lembrar que a necessidade de formar cidadãos “alfabetizados cientificamente” e de proporcionar aos alunos uma “educação para a cidadania”, pressupõe que o ensino das Ciências passe a ser encarado de forma diferente, facultando aos alunos oportunidades para desenvolverem a compreensão e a reflexão necessárias sobre a inter-relação entre os dados, as evidências e as conclusões (Gunstone, 1991; Millar, 1991; Leach, 1999), ao longo da sua escolaridade básica.

Se, por um lado, é verdade que os manuais escolares são uma realidade indissociável do processo educativo, cuja utilização se continua a perspectivar para os próximos tempos (Stinner, 1992; Wellington & Osborne, 2001), por outro lado não é menos verdade que sendo eles obras humanas, não podemos esperar que venham a ser obras perfeitas. Assim sendo, é necessário desenvolver nos docentes a capacidade de analisar e de criticar os manuais escolares que têm disponíveis para a sua prática docente, a fim de ficarem preparados para efectuar eventuais adaptações e/ou alterações de aspectos menos correctos que os mesmos incluem (Leite, 2006) e, assim, aumentarem o seu contributo para a aprendizagem dos alunos.

4.3. Os professores e a explicação de fenómenos físicos

Todas as informações recolhidas através da aplicação do questionário (anexo 2), destinado a professores do 1º ciclo e a professores de Ciências (2º e 3º ciclos), serão apresentadas separadamente, por actividade, acompanhando-se a descrição dos dados de algumas citações extraídas das respostas dos docentes, na tentativa de ilustrar a análise efectuada. Sempre que se justifique, facultar-se-á o confronto entre a explicação que, segundo os docentes, deveriam ser construídas pelos alunos e a explicação que o próprio professor considera adequada.

4.3.1. Situação 1: Balão dentro da garrafa

4.3.1.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele

A situação problemática em análise, nesta secção, tem a ver com um balão que é colocado dentro de um gargalo de uma garrafa, de modo a impedir a entrada e a saída do ar contido na garrafa (figura 25).



Figura 25: Situação problemática 1

Os resultados da análise da opinião dos professores acerca de os alunos, no final dos 4º, 6º e 9º anos de escolaridade, serem (ou não) capazes de elaborar uma explicação para o ligeiro enchimento do balão (questão 1.1 do questionário), registam-se na tabela 7.

Como nos é possível ver, mais de metade (148 docentes – 89.7%) dos 165 docentes participantes no estudo revela-se favorável à possibilidade de os alunos conseguirem explicar o referido fenómeno.

Tabela 7

Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o reduzido enchimento do balão

Opinião dos professores	Professores do 1º ciclo (n=55)		Professores do 2º ciclo (n=55)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=165)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é capaz de explicar	45	81.8	51	92.7	52	94.5	148	89.7
não é capaz de explicar	10	18.2	4	7.3	3	5.5	17	10.3
não respondeu	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota-se que esta perspectiva positiva dos professores quanto à capacidade explicativa dos alunos vai aumentando, ligeiramente, do 1º para o 2º ciclo (81.8% e 92.7%, respectivamente) e deste para o 3º ciclo (94.5%), ainda que, nestes dois últimos níveis de ensino, a diferença de valores seja mínima.

Todos os professores pertencentes a cada um dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos) assinalaram uma das duas opções de resposta apresentadas (é capaz de explicar e não é capaz de explicar), não se tendo encontrado nenhum elemento que não tivesse respondido. Ainda segundo os dados apresentados na tabela 7 e em consequência da evolução das respostas referentes às duas categorias anteriormente mencionadas, constata-se que o número dos docentes que consideram os alunos incapazes de construírem uma explicação para a ocorrência do fenómeno em causa, vai diminuindo de forma acentuada do 1º ciclo (18.2%) para o 2º ciclo (7.3%), enquanto que deste nível de ensino para o seguinte (3º ciclo) não sofre grande alteração, pois passa para 5.5%.

4.3.1.2. Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão

Nesta secção, apresentam-se os resultados da análise das respostas dos professores à questão 1.2., do questionário, através da qual se pretendia identificar não só a forma das explicações que os professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de formular, para fundamentar o reduzido enchimento do balão, traduzida pelos tipos de explicação considerados nesta investigação (tabela 8), mas também o conteúdo das diferentes explicações incluídas em cada um dos tipos de explicação. A referida análise centrou-se, apenas, nas respostas dos 148 docentes que consideraram os alunos capazes de construir uma explicação para o reduzido enchimento do balão.

Tabela 8

Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão

Tipos de explicação	Professores do 1º ciclo (n=45)		Professores do 2º ciclo (n=51)		Professores do 3º ciclo (n=52)		Total de professores (n=148)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	9	20.0	8	15.7	5	9.6	22	14.9
Causal	36	80.0	42	82.3	44	84.6	122	82.4
Interpretativo	—	—	—	—	3	5.8	3	2.0
R. incompreensíveis	—	—	1	2.0	—	—	1	0.7

A análise da tabela 8 mostra que, entre as explicações que os 148 professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de dar, foi possível identificar três tipos de explicação, especificamente, explicações descritivas, explicações causais e explicações interpretativas. Encontrou-se, ainda, uma resposta de um professor do 2º ciclo cujo conteúdo não fazia sentido e que foi incluída na categoria “respostas incompreensíveis”.

Conforme se constata pelas informações expostas na tabela 8, a maioria (122 docentes – 82.4%) destes professores considera que os alunos deveriam recorrer a explicações que pertencem ao tipo causal, enquanto que um número, bem mais reduzido, de professores (22 professores – 14.9%) admite que os alunos deveriam utilizar explicações incluídas no tipo descritivo e somente um número muito restrito de docentes (três docentes – 2.0%) se manifesta a favor do uso, por parte dos alunos, de explicações pertencentes ao tipo interpretativo.

Analisando-se detalhadamente os tipos de explicação identificados nas respostas que evidenciam as explicações que cada um dos três grupos de professores (1º, 2º e 3º ciclos) considera que os alunos deveriam dar, constata-se uma configuração idêntica nos três grupos, predominando as explicações causais sobre as explicações descritivas e estas sobre as interpretativas. Quanto a este último tipo de explicações, ressalta a sua ausência total nas explicações que os professores dos 1º e 2º ciclos consideram que os alunos deveriam construir, sendo apenas os docentes do 3º ciclo (três professores – 5.8%) os únicos a admitir que os alunos deveriam ser capazes de construir explicações do referido tipo (interpretativo).

Tal como foi explicado no capítulo III (sub-capítulo 3.3.6), para cada tipo de explicação foram identificadas algumas subcategorias que resumem o conteúdo das diferentes explicações que os professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de dar.

Assim, consideraram-se as seguintes subcategorias:

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Para as 22 explicações que os professores consideram que os alunos deveriam dar para a situação problemática em causa e que classificámos como descritivas, constituíram-se quatro subcategorias (D1, D2, D3 e D4), definidas, sucintamente, no quadro 9.

Quadro 9

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão (n=22)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=9)	2º C (n=8)	3º C (n=5)
D1: ao soprar-se para o balão, entra ar e o balão vai enchendo	–	–	2
D2: sopra-se ar para o balão; o ar volta a sair, o balão fica sem ar suficiente e não enche	1		
D3: o balão está limitado pelo espaço da garrafa que, sendo estreita e apertada, não deixa espaço para o balão encher	8	8	2
D4: sopra-se ar para o balão; como o balão é elástico, enche/estica	–	–	1

A subcategoria D1 centra-se, apenas, no balão e no enchimento deste, sem explicitar as características do balão que lho permitem encher. Pode ser sintetizada do seguinte modo:

O sopro introduz ar no balão → o balão enche ligeiramente.

As duas únicas explicações inseridas nesta subcategoria seriam, segundo os professores, formuladas por alunos do 3º ciclo que atribuiriam o enchimento do balão à entrada de ar para o mesmo, quando se sopra. Parecem explicações influenciadas por situações previamente vivenciadas (uma vez que a entrada de ar, habitualmente, provoca enchimento dos balões) e que ignoram os novos elementos (garrafa) e condições (balão dentro da garrafa) apresentados nesta situação problemática.

As referidas respostas obtidas apresentam-se seguidamente.

“Devido ao ar existente no balão” (PT31).

“Porque não foi soprado um volume de ar suficiente para encher o balão” (PT35).

Quanto à subcategoria D2, esta pode resumir-se da seguinte forma:

O ar que se sopra para o balão volta a sair → o balão não enche.

Esta ideia foi detectada na explicação que, segundo um professor do 1º ciclo, deveria ser formulada pelo aluno e que o próprio docente, posteriormente, veio a considerar completa. Indicando a insuficiência de ar dentro do balão como razão principal para este não encher na totalidade, porque se soprou ar e este volta a sair, a resposta incluída nesta subcategoria continua a centrar-se na observação. De facto, descreve-se, unicamente, o que pode ser visto e/ou sentido quando, em

condições normais, se tenta encher um balão - o ar vai sendo introduzido no balão mas vai saindo deste e o balão não enche. Ilustra-se o que acaba de se referir com a transcrição da resposta do referido professor:

“O ar que é soprado para o interior do balão acaba por sair, não ficando todo lá dentro” (PP7).

Em relação à subcategoria D3, esta pode ser esquematizada como se segue:

A garrafa/o gargalo são demasiado estreitos → o balão fica sem espaço para encher.

As explicações incluídas nesta subcategoria incidem na estrutura da montagem, especificamente, na garrafa, no gargalo e/ou no orifício que, sendo considerados demasiados pequenos e/ou apertados, não deixam espaço suficiente para que o balão encha. Nestas explicações, a impossibilidade de o balão encher não é relacionada com a existência de ar dentro da garrafa, provavelmente, porque o ar não é visível e/ou porque se desconhece que, no interior da garrafa, exista ar. Segundo os professores, alguns alunos de cada um dos três níveis de ensino (um total de 18 alunos), deveriam usar esta forma de explicar o reduzido enchimento do balão. Contudo, os professores dos 1º e 2º ciclos são os que, em maior número, manifestam esta opinião (sete e oito docentes, respectivamente), sendo apenas, dois professores do 3º ciclo os que admitem o uso, por parte dos alunos, de explicações incluídas nesta subcategoria.

Apresentam-se, seguidamente, algumas respostas dos professores que ilustram as explicações classificadas na subcategoria D3.

“A garrafa é de vidro e estreita” (PP3).

“O gargalo é pequeno” (PP51).

“A garrafa não deixa encher o balão” (PS16).

“O balão não tem espaço; está num espaço muito fechado e limitado” (PS24).

“O balão só enche até ocupar o espaço da garrafa” (PT32).

“Só enche ligeiramente devido à forma da garrafa” (PT34).

Quanto a D4, a ideia principal que esta subcategoria encerra pode sintetizar-se desta forma:

O balão é elástico → o balão enche com o ar que se sopra

A única explicação incluída em D4, formulada por um docente pertencente ao grupo do 3º ciclo, não menciona, propriamente, uma característica do ar. Esta resposta continua a referir o que acontece (tal como as incluídas nas anteriores subcategorias), tendo em conta a entrada de ar para o balão, ao soprar (como em D1) e, ainda, uma característica do balão, ou seja, o facto de este ser elástico e, por isso, dilatar com o ar soprado.

Tal ideia pode ser evidenciada na resposta dada pelo docente:

“Ao soprar, o ar entra dentro do balão que é elástico e enche” (PT29).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As 122 respostas classificadas neste tipo de explicação (explicação causal) envolvem uma relação causal que articula o reduzido enchimento do balão com as características gerais do ar, designadamente: o ar exerce pressão (C1), o ar ocupa espaço (C2), o ar comprime-se (C3). As respostas que não explicitam a forma como o ar se comporta no interior da garrafa, mas que, implicitamente, atribuem ao ar a responsabilidade pelo referido fenómeno, foram agrupadas na subcategoria C4. Assim, neste caso, constituíram-se quatro subcategorias de resposta que se expõem no quadro 10.

Quadro 10

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão (n=122)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1ª C (n=36)	2ª C (n=42)	3ª C (n=44)
C1: a garrafa tem ar; este ar exerce pressão sobre o balão; o balão não enche.	6	10	15
C2: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume/lugar; como o ar não pode sair da garrafa, o balão fica sem espaço para encher	20	17	13
C3: a garrafa tem ar; ao soprar para o balão, o ar da garrafa comprime-se, diminuindo o volume e aumentando a pressão; o ar continua a ocupar espaço/lugar/volume; o balão só enche ligeiramente	—	4	9
C4: no interior da garrafa há ar; esse ar como está lá dentro e não consegue sair, não deixa o balão encher	10	11	7

No caso da subcategoria C1, recorre-se ao conceito de pressão, exercida pelo ar dentro da garrafa sobre o balão, e estabelece-se uma relação de causa-efeito entre essa pressão (causa) e o facto de o balão apenas conseguir encher um pouco (consequência). Esta subcategoria pode ser esquematizada como se segue:

Dentro da garrafa existe ar → esse ar exerce pressão sobre o balão → o balão não enche.

Enquanto que algumas respostas pormenorizam um pouco mais a explicação, centrando-se na diferença de pressões (maior pressão dentro da garrafa do que dentro do balão), outras apenas referem o conceito, não esclarecendo de que forma a pressão do ar, dentro da garrafa, actua, ou não explicitando que se trata da pressão do ar contido na garrafa. Contudo, no contexto em que a resposta surge, parece-nos poder inferir-se, sem correr grandes riscos de erro, que os professores se referem à pressão do ar contido na garrafa.

Segundo a opinião emitida pelos docentes, alunos dos três níveis de ensino deveriam usar esta ideia na justificação do fenómeno em questão, notando-se, todavia, um aumento do número de professores que consideram desejável uma explicação com estas características, à medida que se progride no nível de ensino. A título ilustrativo, apresentam-se as seguintes respostas:

“Enche ligeiramente porque a garrafa também tem ar e faz força no balão” (PP2).

“O ar tem peso e como tal exerce pressão sobre todas as coisas” (PP17).

“No interior da garrafa existe ar. O ar existente no interior da garrafa exerce pressão sobre o balão” (PS27).

“Porque tem ar na garrafa e o gargalo está tapado. O ar da garrafa faz pressão no balão” (PS43).

“A pressão do ar encerrado no interior da garrafa dificulta o enchimento” (PT1).

“Porque o ar contido na garrafa exerce pressão sobre as paredes do balão” (PT7).

À semelhança do que se constatou em C1, também nas respostas incluídas na subcategoria C2, está presente uma relação causal que estabelece uma associação entre o espaço/volume ocupado pelo ar existente dentro da garrafa (causa) e a impossibilidade de o balão conseguir encher (consequência), mesmo soprando ar para dentro dele. Ainda que não especifiquem a constituição do ar, evidenciam que o ar é um corpo que ocupa determinado espaço, o qual, por conseguinte, não poderá ser preenchido por outro corpo, neste caso, o balão. Esta subcategoria pode ser sintetizada do seguinte modo:

Dentro da garrafa existe ar → o ar ocupa espaço/volume → o balão não enche.

Algumas respostas incluídas nesta subcategoria mencionam o ar, mas não explicitam de que ar se trata. Todavia, subentende-se que se referiam ao ar existente dentro da garrafa.

Pelos dados presentes no quadro 10, verifica-se que esta forma de justificar o ligeiro enchimento do balão seria a que mais professores (50 professores) consideram que os alunos deveriam usar. No entanto, esse número de professores diminui do 1º ciclo (20 professores) para o 2º ciclo (17 professores) e deste último para o 3º ciclo (13 professores). A título de exemplo, apresentam-se, de seguida, algumas respostas incluídas nesta subcategoria:

“Devido à falta de espaço porque o ar ocupa espaço” (PP31).

“A garrafa contém ar e o balão só enche de forma a ocupar o que o ar da garrafa não ocupou” (PP43).

“O balão só enche ligeiramente devido ao ar que existe dentro da garrafa que só é ligeiramente compressível e elástico” (PS3).

“O ar existente na garrafa vai sendo comprimido até que não existe mais espaço para que o balão encha” (PS36).

“Porque fica ar dentro da garrafa, que também ocupa espaço” (PT46).

“Porque não há espaço pois o ar contido na garrafa ocupa a maior parte desse espaço” (PT48).

No que respeita à subcategoria seguinte, especificamente, a subcategoria C3, a ideia contida nas respostas que a mesma agrupa, pode resumir-se da seguinte forma:

A garrafa contém ar que ocupa espaço → à medida que se enche o balão, o ar da garrafa comprime-se → a compressão do ar da garrafa provoca aumento da pressão sobre o balão → essa pressão dificulta/impede o balão de encher.

As respostas reunidas nesta subcategoria revelam um pouco mais de complexidade do que as incluídas nas subcategorias anteriores, na medida em que relacionam a capacidade que o ar tem de, parcialmente, comprimir-se e de, ao comprimir-se, aumentar a pressão que exerce sobre os corpos ou superfícies com que contacta. Nenhum professor do 1º ciclo considerou que os alunos desse nível de escolaridade deveriam explicar o fenómeno desta forma. Foram os professores do 3º ciclo (nove professores) os que mais consideraram que os alunos do 9º ano deveriam dar explicações com estas características.

A título ilustrativo, apresentam-se, como exemplo desta subcategoria, as seguintes respostas:

“O balão só enche ligeiramente, porque a garrafa já estava cheia de ar. Ao soprar o balão vai enchendo e comprimindo o ar já contido na garrafa que fica a fazer pressão no balão” (PS28).

“O ar existente na garrafa vai sendo comprimido; a pressão aumenta, até que não existe mais espaço para que o balão encha” (PS36).

“A pressão do ar no interior da garrafa vai aumentar devido à diminuição do volume provocado pela expansão do balão, dificultando a expansão do balão” (PT6).

“O balão só enche ligeiramente devido à pressão. O balão ao encher faz com que a pressão dentro da garrafa aumente. O ar dentro da garrafa fica comprimido” (PT53).

Segundo as respostas inseridas na subcategoria C4, o ar contido na garrafa impede o balão de encher. Porém, ainda que em alguns casos refiram a especificidade do ar (partículas), não explicitam o modo como a presença desse ar e/ou das partículas constituintes, impede o enchimento do balão. Esta subcategoria de explicações causais pode ser esquematizada do seguinte modo:

Dentro da garrafa existe ar que não consegue sair → esse ar não deixa o balão encher.

Ainda pelo quadro 10, pode constatar-se que o maior número de respostas deste género se regista no grupo de professores do 1º ciclo (dez professores) e do 2º ciclo (11 professores). No grupo dos professores do 3º ciclo apenas sete apresentaram respostas classificadas na subcategoria C4. De seguida, apresentam-se alguns exemplos de respostas incluídas na subcategoria C4:

“Existe ar dentro da garrafa” (PP8).

“Como a garrafa contém ar, não há espaço para mais ar” (PP54).

“O balão não consegue encher mais devido ao ar que está dentro da garrafa (dirão os alunos)” (PS7)

“Porque o ar que está dentro da garrafa não sai e o balão não pode encher” (PS38).

“Devido à existência de partículas de ar” (PT3).

“Porque o ar que está no interior da garrafa não permite que o balão encha mais” (PT18).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

As respostas classificadas na categoria interpretativas são bastantes homogéneas pelo que, apenas foi possível constituir a subcategoria I1 (quadro 11).

Quadro 11

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão (n=3)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C	2º C	3º C
I1: o ar é constituído por partículas, entre as quais há espaços vazios; o balão, ao encher, exerce pressão sobre o ar da garrafa, obrigando-o a comprimir-se; os espaços entre as partículas diminuem; aumenta o espaço disponível para o balão; o balão só enche ligeiramente	—	—	3

Segundo os professores, autores das respostas classificadas como interpretativas, os alunos deveriam utilizar o modelo teórico para a constituição do ar, para explicar o reduzido enchimento do balão. Assim, deveriam os alunos ser capazes de mencionar, designadamente, os corpúsculos constituintes do ar que se encontrava no interior da garrafa e seu comportamento, quando sujeitos a uma pressão, neste caso provocada pelo aumento do volume do balão, devido ao seu enchimento. Assim, a ideia comum a essas respostas centra-se no espaço “libertado”/espaço “ocupado”, ou seja, o ar existente dentro da garrafa é formado por partículas, entre as quais há espaços vazios; introduzindo-se ar no balão, soprando, o balão aumenta de volume e provoca uma diminuição desses espaços.

Curiosamente, todas as respostas dadas se centram, basicamente, na diminuição dos espaços vazios entre as partículas do ar, diminuição essa que deixa algum espaço disponível para o balão, e nenhuma delas explicita o aumento de pressão exercida pelo ar dentro da garrafa, sobre o balão, a qual seria necessário para explicar o reduzido enchimento do balão. Os raciocínios que envolvem podem ser esquematizados como se seguem:

Dentro da garrafa existe ar → esse ar é constituído por corpúsculos → ao soprar para o balão, o ar dentro da garrafa comprime-se → diminuem os espaços vazios entre os corpúsculos → disponibiliza-se algum espaço para o balão → o balão enche ligeiramente.

Esta subcategoria somente inclui três respostas de professores do 3º ciclo, as quais se apresentam seguidamente:

“Dentro da garrafa existe ar (moléculas) que ocupam um determinado volume. Quando esse volume diminui no interior da garrafa, devido ao balão, as moléculas no interior da garrafa aproximam-se umas das outras diminuindo o espaço entre elas. Não se consegue encher mais o balão porque o ar dentro da garrafa não o permite” (PT17).

“Teoria cinético-corpúscular da matéria/constituição da matéria. Dentro da garrafa há partículas de ar. Como a matéria é descontínua, há espaços entre as partículas. Os espaços entre as partículas são maiores no caso da matéria no estado gasoso. Diminuindo o espaço entre as partículas, é possível encher ligeiramente o balão” (PT20).

“O ar que está dentro da garrafa vai sendo comprimido à medida que o volume do balão aumenta. Os átomos e as moléculas que constituem o ar que está dentro da garrafa vão ficando cada vez mais próximos uns dos outros. Não se consegue encher mais o balão porque o espaço disponível já está ocupado” (PT43).

4.3.1.3. *Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão*

Aos 148 professores que consideraram que os alunos deveriam ser capazes de explicar a situação problemática em causa, perguntou-se se a explicação que eles próprios pensam que os alunos deveriam dar era, ou não, completa (questão 1.3). Os resultados da análise das respostas dos professores a essa questão estão sintetizados na tabela 9.

Tabela 9

Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o reduzido enchimento do balão

Concordância dos professores com a explicação dos alunos	Professores do 1º ciclo (n=45)		Professores do 2º ciclo (n=51)		Professores do 3º ciclo (n=52)		Total de professores (n=148)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é completa	43	95.6	38	74.5	26	50.0	107	72.3
não é completa	2	4.4	13	25.5	23	44.2	38	25.7
não respondeu	—	—	—	—	3	5.8	3	2.0

Constata-se que mais de metade dos docentes (107 professores – 72.3%) considera completas essas explicações, enquanto que cerca de um quarto (38 professores – 25.7%) as considera como explicações incompletas. Há, ainda, um pequeno grupo de professores do 3º ciclo (três docentes – 2.0%) que não responderam a esta questão.

Os resultados obtidos evidenciam que é no grupo de professores do 1º ciclo que se regista a maior percentagem de docentes (95.6%) que consideram completas as explicações que afirmaram que os alunos deveriam ser capazes de construir. Quanto aos docentes do 2º ciclo, mais de metade (74.5%) admite essas explicações como completas. Em relação ao 3º ciclo, verifica-se que é exactamente metade (50.0%) o número de docentes que defendem como completas as explicações que consideraram que os alunos deveriam dar.

Assim, considerando os resultados respeitantes a cada um dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), ressalta que o número de docentes que consideram completas as explicações que afirmaram que os alunos deveriam formular vai diminuindo, à medida que se avança no nível de ensino, passando de 95.6%, no 1º ciclo, para 74.5%, no 2º ciclo, e para 50.0%, no 3º ciclo.

4.3.1.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa

Aos 38 professores que consideraram que as explicações que os alunos deveriam ser capazes de dar não eram as mais completas, foi-lhes pedido, ainda na questão 1.3. do questionário, que apresentassem as explicações que eles próprios consideravam completas. Os resultados obtidos com a classificação dessas explicações encontram-se na tabela 10.

Tabela 10
Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa

Tipos de explicação que os professores consideram completas	Professores do 1º ciclo (n=2)	Professores do 2º ciclo (n=13)	Professores do 3º ciclo (n=23)	Total de professores (n=38)	
	f	f	f	f	%
Descritivo	—	—	1	1	2.7
Causal	2	12	19	33	86.9
Interpretativo	—	—	2	2	5.2
Não respondeu	—	1	1	2	5.2

Constata-se que dois docentes (um do 2º ciclo e um do 3º ciclo), ainda que considerassem incompletas as explicações que os alunos deveriam formular, não apresentaram, posteriormente, nenhuma outra explicação alternativa, mais completa.

Pormenorizando a análise dos dados obtidos em cada um dos três níveis de ensino, sobressaem, quer o 1º ciclo pela escassez de docentes que elaboram as suas próprias explicações (dois docentes), quer o 3º ciclo pela quantidade considerável de indivíduos que formulam as suas próprias explicações (23 docentes), surgindo os docentes pertencentes ao 2º ciclo em posição intermédia (13 professores)

Relativamente à natureza das explicações identificadas nas respostas de cada um dos três grupos de professores (1º, 2º e 3º ciclos), constata-se, pelas informações contidas na tabela 10, que os professores recorrem muito pouco, quer às explicações descritivas (um único docente do 3º ciclo), quer às explicações interpretativas (só dois docentes do 3º ciclo). Deste modo, a quase totalidade dos professores (33 professores) apresenta como explicações completas explicações que se incluem no tipo causal.

Tal como se procedeu para as explicações que, na opinião dos professores, o aluno deveria ser capaz de formular, também para cada tipo de explicação identificado nas respostas dos

professores foram constituídas subcategorias que sintetizam as explicações que os professores consideram completas.

Conforme já se referiu anteriormente (capítulo III), por uma questão de uniformidade na análise dos resultados, consideraram-se as mesmas subcategorias para ambas as situações (explicações dos alunos e explicações dos professores) e das quais já se fez a apresentação pormenorizada em 4.3.1.2. Assim sendo, a fim de evitar repetições desnecessárias, apenas se indicam, nesta secção, a frequência e os exemplos de respostas, em relação a cada uma das subcategorias formadas.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

No que respeita às explicações descritivas, identificadas nas explicações que os professores consideram completas, em relação à situação problemática em questão, das subcategorias mencionadas no quadro 9, a única resposta identificada com este tipo de explicação foi formulada por um docente do 3º ciclo e incluída na subcategoria D3 (quadro 12).

Quadro 12

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa (n=1)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C	2º C	3º C
D3: o balão está limitado pelo espaço da garrafa que, sendo estreita e apertada, não deixa espaço para o balão encher	—	—	1

A título ilustrativo, apresenta-se, seguidamente, a resposta do referido docente:

“O gargalo é mais afunilado; deste modo, sendo o recipiente (garrafa) fechado, o ar do balão não se pode expandir, fazendo com que o balão só encha ligeiramente” (PT44).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Com base na ideia geral que as respostas classificadas neste tipo de explicação encerram, foi possível distribuí-las pelas quatro subcategorias de resposta consideradas em 4.3.1.2 (quadro 10), conforme se pode constatar através do quadro 13.

Relativamente à subcategoria C1, sobressai um número considerável de professores do 3º ciclo (15 docentes), em cujas respostas se “responsabiliza” a pressão exercida pelo ar, existente

dentro da garrafa, pelo ligeiro enchimento do balão, enquanto que só um docente do 2º ciclo e outro do 1º ciclo sugerem como completa essa forma de explicar.

Quadro 13

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa (n=33)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=12)	3º C (n=19)
C1: a garrafa tem ar; este ar exerce pressão; o balão não enche.	1	1	15
C2: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume/lugar; como o ar não pode sair da garrafa, o balão fica sem espaço para encher	1	3	1
C3: a garrafa tem ar; ao soprar para o balão, o ar da garrafa comprime-se, diminuindo o volume e aumentando a pressão; o ar só continua a ocupar espaço/lugar/volume; o balão só enche ligeiramente	—	6	3
C4: no interior da garrafa há ar; esse ar como está lá dentro e não consegue sair, não deixa o balão encher	—	2	—

Saliente-se que em algumas respostas, os docentes avançam com pormenores relativos à pressão do ar, referindo-se quer à diferença de pressões (maior pressão dentro da garrafa do que dentro do balão), quer ao equilíbrio de pressões (o ar exerce pressão dentro da garrafa e dentro do balão). Como exemplos dessas respostas, apresentam-se os seguintes:

“O ar existente dentro da garrafa ao ser comprimido pelo ar introduzido no balão, exerce uma força contrária que impede o balão de se encher muito” (PP55).

“O balão só enche ligeiramente devido ao valor da pressão do ar” (PS21).

“O balão só enche ligeiramente porque a pressão exercida pelo ar que está dentro da garrafa não permite que o balão se expanda com o ar que é introduzido” (PT25).

“Ao encher o balão exerce pressão mas o ar no interior da garrafa também exerce pressão, de modo que não pode encher mais” (PT37).

No que respeita às explicações dos docentes que consideram que o facto de o balão encher um pouco se deve ao espaço, dentro da garrafa, já estar ocupado pelo ar e, por isso, não sobrar mais espaço para o balão poder encher (subcategoria C2), são poucos os professores que manifestam essa opinião, em qualquer um dos três grupos de docentes: um, três e um, respectivamente, no 1º, 2º e 3º ciclos. A ilustrar esta forma de explicar, apresentam-se os seguintes exemplos de respostas:

“Como o ar dentro da garrafa ocupa espaço, o balão não poderá ficar completamente cheio” (PP14).

“No interior da garrafa existe ar que ocupa espaço” (PS37).

“Só enche ligeiramente porque as substâncias no estado gasoso ocupam todo o volume disponível, e dentro da garrafa também há gás” (PT34).

Quanto às explicações propostas pelos professores como sendo completas e que se agruparam na subcategoria C3, continuam a evidenciar-se diferenças acentuadas, entre os três níveis de ensino. Assim, os docentes do subgrupo do 1º ciclo não apresentam nenhuma explicação que se pudesse incluir nesta subcategoria. Tal como se verifica em C2, também no caso da subcategoria C3, são os professores pertencentes ao grupo do 2º ciclo os que em maior número (seis docentes) explicam desta forma, seguidos dos elementos representativos do 3º ciclo (três docentes). Seguem-se alguns exemplos ilustrativos das respostas dos professores, incluídas nesta subcategoria:

“Ao entrar o balão para dentro da garrafa, o volume do ar diminui, aumenta a pressão e ao soprar o balão só enche ligeiramente” (PS18).

“Ao encher, o balão vai ocupar espaço, comprimindo o ar existente na garrafa, até o ar não se poder comprimir mais; aí, o balão não pode encher mais” (PS32).

“O ar ocupa espaço dentro da garrafa. O ar contrai-se até um certo limite” (PT27).

“Ao encher o balão, o ar contido na garrafa comprime-se; aumenta a força que ele faz sobre as paredes da garrafa, dificultando o aumento do balão” (PT33).

Em relação à subcategoria C4, somente dois docentes pertencentes ao subgrupo do 2º ciclo consideraram esta forma de explicar (apenas referindo a existência de ar dentro da garrafa) mais completa e adequada, em relação à que afirmaram que os alunos deveriam ser capazes de apresentar. Expõem-se, de seguida, as respostas dos referidos docentes:

“A garrafa contém ar que não podendo sair (uma vez que o gargalo está tapado), também não deixa que o balão encha” (PS40).

“O balão não encheu mais porque dentro da garrafa existia uma grande percentagem de ar, que impediu a entrada e aumento do tamanho do balão” (PS52).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

Quanto às respostas classificadas como explicações interpretativas, à semelhança do que se verificou na secção anterior (4.3.1.2, quadro 11), apenas se encontraram duas explicações deste tipo, ambas integradas na única subcategoria formada, especificamente, a subcategoria I1 (quadro 14).

Enquanto que nas explicações que os professores indicaram (apresentadas em 4.3.1.2.) como sendo as que os alunos deveriam ser capazes de dar e que se agruparam também em I1 (quadro 11), a ideia comum centra-se no espaço que fica disponível para o balão, depois de diminuírem os espaços

vazios entre as partículas constituintes do ar existente dentro da garrafa, mas não explicitam o aumento de pressão, neste caso já o referem.

Quadro 14

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para fundamentar o reduzido enchimento do balão dentro da garrafa (n=2)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C	2º C	3º C
I1: o ar é constituído por partículas, entre as quais há espaços vazios; o balão, ao encher, exerce pressão sobre o ar da garrafa, obrigando-o a comprimir-se; os espaços entre as partículas diminuem e aumenta a pressão dentro da garrafa; o balão só enche ligeiramente	–	–	2

As referidas respostas, dadas por dois professores do 3º ciclo e incluídas na subcategoria I1, foram as seguintes.

“Um gás é compressível mas ocupa espaço porque é formado por pequenos corpúsculos, exercendo pressão no balão. Assim, quando a pressão exercida pelo gás [sobre o balão] igualar a pressão exercida pelo sopro, o balão não enche mais” (PT47).

“As moléculas constituintes do ar deixaram de ter tanto espaço vazio e a pressão irá aumentar. Chega-se a uma situação em que a pressão no interior é igual à do exterior” (PT54).

4.3.2. Situação 2: Papel dentro do copo

4.3.2.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o facto de o papel se manter seco dentro do copo

Na questão 2.1. os professores foram questionados sobre o facto de os alunos, no final dos 4º, 6º e 9º anos de escolaridade, conseguirem (ou não) explicar o que acontece a um papel, colocado dentro de um copo, depois de invertido sobre uma tina com água (figura 26).

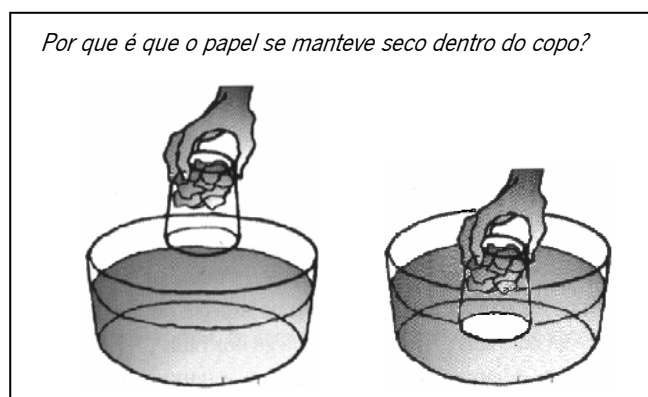


Figura 26: Situação problemática 2

De acordo com os dados obtidos na análise da opinião emitida pelos professores e que a tabela 11 apresenta, um número considerável de docentes considera os alunos incapazes de explicar o referido fenómeno (30 professores – 18.2%). Os restantes 81.8% (135 docentes) dos participantes consideram que os alunos deveriam ser capazes de explicar o facto de o papel não se molhar.

Tabela 11

Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o facto de o papel se manter seco

Opinião dos professores	Professores do 1º ciclo (n=55)		Professores do 2º ciclo (n=55)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=165)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é capaz de explicar	49	89.1	46	83.6	40	72.7	135	81.8
não é capaz de explicar	6	10.9	9	16.4	15	27.3	30	18.2
não respondeu	—	—	—	—	—	—	—	—

Tal como ocorreu na situação problemática anterior (“balão dentro da garrafa”), também neste caso todos os professores responderam à questão, não tendo ocorrido respostas em branco ou incompreensíveis.

Analisando, detalhadamente, as informações concernentes a cada um dos três níveis de ensino considerados, nota-se que são os docentes do 3º ciclo os que, em menor número, acreditam na capacidade de os alunos dessa faixa etária construírem uma explicação para o facto de o papel continuar seco (40 professores – 72.7%). Os professores do 1º ciclo defendem, em maior percentagem (49 professores – 89.1%) essa possibilidade, ficando em posição intermédia os docentes do 2º ciclo (46 professores – 83.6%). Assim sendo, verifica-se que, ao contrário do que se constata na situação problemática anterior (S1), a opinião favorável que os professores emitem vai diminuindo à medida que se avança no nível de ensino, ou seja, do 1º ciclo (89.1%) para o 2º ciclo (83.6%) e deste para o 3º ciclo (72.7%).

Quanto aos 30 indivíduos (18.2%) que não consideram que os alunos sejam capazes de explicar o fenómeno em causa, verifica-se que se concentram em maior número no grupo de docentes do 3º ciclo (15 docentes – 27.3%), sendo os docentes dos 1º e 2º ciclos os que menos consideraram que os alunos dos respectivos níveis de ensino seriam capazes de responder (seis – 11.0% e nove docentes – 16.3%, respectivamente).

4.3.2.2. *Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco*

Em relação às explicações que os 135 docentes consideram que os alunos devem ser capazes de dar para o fenómeno em questão (questão 2.1. do questionário), os dados registados na tabela 12 revelam que elas se distribuem pelos tipos descritivo (11.9%) e causal (88.1%), não se tendo identificado nenhuma explicação do tipo interpretativo, nem nenhuma resposta cujo conteúdo levasse a incluí-la na categoria “respostas incompreensíveis”.

Tabela 12

Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco

Tipos de explicação	Professores do 1º ciclo (n=49)		Professores do 2º ciclo (n=46)		Professores do 3º ciclo (n=40)		Total de professores (n=135)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	5	10.2	6	13.1	4	10.0	15	11.1
Causal	44	89.8	40	86.9	36	90.0	120	88.9
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—
R. incompreensíveis	—	—	—	—	—	—	—	—

No que respeita à distribuição das respostas dos docentes dos diferentes níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), por cada um dos dois tipos de explicação, verifica-se que, qualquer que seja o nível de ensino, predominam as explicações causais em relação às explicações descritivas.

Conforme se procedeu para os tipos de explicação identificados na situação problemática anterior (S1), também nesta situação problemática (“papel dentro do copo”) foram constituídas algumas subcategorias, as quais sintetizam as explicações que os docentes admitem que os alunos deveriam ser capazes de formular. Assim, em cada um dos tipos de explicação identificados nas respostas dadas, sobre a referida situação problemática (S2), formaram-se as subcategorias que a seguir se expõem.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Para as respostas contendo explicações descritivas, formaram-se três subcategorias (D1. D2 e D3) que se apresentam no quadro 15.

Quadro 15

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideraram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco (n=15)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=5)	2º C (n=6)	3º C (n=4)
D1: como a altura de água não é suficiente, a água não consegue entrar no copo e chegar ao papel.	4	5	3
D2: o próprio copo, como é de vidro, protege o papel e este não se molha.	1	—	1
D3: o papel, colocado dentro do copo, não deixa espaço para a água poder entrar.	—	1	—

As respostas incluídas na subcategoria D1 centram-se, sobretudo, na pouca altura de água na tina e na sua insuficiência para molhar. Esta subcategoria de respostas descritivas pode ser esquematizada do seguinte modo:

A altura da água é insuficiente para chegar ao papel → o papel não se molha.

Tal forma de explicar ilustra-se através dos seguintes exemplos de resposta:

“Porque a água não consegue entrar” (PP17).

“Porque não entrou água para o copo” (PP27).

“O papel não se molha porque a água não tem altura suficiente para o molhar” (PS24).

“Não se molhou porque estava agarrado no fundo do copo e a água não chegou lá” (PS52).

“A água não chega ao papel, por isso ele fica seco” (PT16).

“A água não entra no copo, logo não molha o papel junto ao fundo deste” (PT29).

Quanto à subcategoria D2, pode sintetizar-se da seguinte forma:

O copo é de vidro → o copo protege o papel → o papel não se molha.

A protecção conferida pelo copo ao papel, dada a natureza do material de que é feito (o vidro não se deixa atravessar pela água), é referida nestas respostas como o motivo que impede a água de tocar no papel. Todavia, tratando-se de uma característica inerente à própria estrutura da montagem, estamos, novamente, em presença de uma descrição/constatação do que observam e do que sabem, pois, os alunos, das suas vivências diárias, sabem que o vidro é um material que não se deixa

atravessar pela água. As respostas que, segundo dois professores (um do 1º ciclo e outro do 3º ciclo), os alunos deveriam dar, incluem-se nesta subcategoria e são as seguintes:

“Porque o papel está protegido pelo copo e a água não entra e por isso não é molhado” (PP33).

“O papel está entalado no fundo do copo; logo, não se molha” (PT46).

No caso da subcategoria D3, trata-se de uma subcategoria que somente inclui a explicação de um professor do 2º ciclo que, segundo admite, deveria ser construída por um aluno desse nível de ensino e que pode resumir-se da seguinte forma:

O papel está dentro do copo → esse papel ocupa espaço, não deixando espaço para a água entrar → o papel não se molha.

À semelhança da subcategoria D1, também no caso da subcategoria D3 a ideia principal implícita na resposta dada pelo referido docente centra-se na impossibilidade de a água entrar, mas, neste caso, devido a uma característica do papel que, tal como qualquer outro corpo, ocupa espaço dentro do copo e, por isso, a água fica sem espaço para entrar e chegar ao papel.

Apresenta-se, a título ilustrativo, a resposta dada pelo referido professor:

“O papel ocupa espaço” (PS50).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Em relação às explicações causais, a situação é análoga à primeira situação problemática (S1), na medida em que, também neste caso, referem as características gerais do ar como principais motivos que impedem o papel de se molhar: o ar ocupa espaço (C1), o ar exerce pressão (C2) e o ar, tendo a capacidade de se comprimir, diminui de volume mas aumenta a pressão (C3). Tal como em S1, também nesta situação constitui-se uma subcategoria (C4) para incluir explicações nas quais não é explicitada a função impeditiva do ar na subida da água. Assim, as subcategorias constituídas para as respostas classificadas neste tipo de explicação estão definidas no quadro 16, pormenorizando-se, seguidamente, cada uma delas.

No que respeita à subcategoria C1 e ao contrário do que acontecia nas subcategorias anteriores (D1 e D2), esta subcategoria agrupa explicações que já não se limitam a descrever o que se

observa, mas antes estabelecem uma relação causal, referindo uma característica do ar, neste caso, a ocupação de espaço/volume por parte do ar.

Quadro 16

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco (n=120)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=44)	2º C (n=40)	3º C (n=36)
C1: dentro do copo tem ar; o ar ocupa espaço; ao introduzir-se o copo dentro de água, o ar que está lá dentro ocupa o espaço que seria necessário para a água entrar e molhar o papel	11	22	15
C2: dentro do copo tem ar; o ar exerce pressão sobre a água, sendo superior à pressão desta; a água não consegue entrar e molhar o papel	8	4	8
C3: o copo tem ar; ao mergulhar o copo dentro de água, o ar do copo comprime-se, diminuindo o volume; o ar continua a ocupar espaço e a água não entra.	—	—	1
C4: dentro do copo tem ar; esse ar não consegue sair; então, a existência do ar dentro do copo impede/não deixa a água entrar e molhar o papel	25	14	12

Contudo, a generalidade das explicações formuladas são bastante sintéticas, pois nem clarificam como se processa e articula a ocupação desse espaço com a não subida da água dentro do copo, nem tão pouco especificam de que ar se trata. Todavia, presume-se que se referem ao ar existente dentro do copo, dado o contexto em que a resposta se processa.

Pode resumir-se, como se segue, a subcategoria C1:

Dentro do copo existe ar → esse ar ocupa espaço → a água não entra no copo → o papel não se molha.

Os resultados expostos no quadro 16 informam-nos que esta subcategoria integra um número considerável de explicações que, segundo afirmam os professores, os alunos deveriam ser capazes de construir. Assim, são os docentes do 2º ciclo (22 professores) e os do 3º ciclo (15 professores) os que, em maior número, admitem esta forma de explicar o fenómeno em questão, por parte dos alunos, uma vez que somente 11 professores, pertencentes ao 1º ciclo, consideram que os alunos desse nível justificariam o fenómeno recorrendo a explicações com estas características.

A fim de ilustrar esta forma de explicar o facto de o papel se manter seco, apresentam-se as seguintes respostas:

“O papel manteve-se seco porque o ar ocupa espaço (no copo), logo não deixa entrar a água” (PP25).

“Se o copo tem ar a água não sobe porque não pode; o ar ocupa espaço” (PP35).

“O ar ocupa espaço. Invertendo o copo na vertical, o ar existente dentro do copo não permite que a água entre dentro do copo” (PS12).

“O papel não se molha porque o copo contém ar, o qual ocupa determinado espaço” (PS34).

“O ar é uma mistura de substâncias, logo é constituído por átomos e moléculas. Estas ocupam espaço. A água não penetra no copo e molha o papel porque o volume do copo está preenchido com o papel e o ar” (PT43).

“O copo tem papel e tem ar. Os corpúsculos constituintes do ar também ocupam espaço e ao ser colocado em água, o copo estando “cheio”, tendo partículas a ocupar o seu espaço, não deixa que as partículas de água entrem no copo” (PT44).

Um outro grupo de respostas que os professores consideram que os alunos deveriam dar para justificar a impossibilidade de a água entrar no copo, e que se agrupam na subcategoria C2, pode resumir-se do seguinte modo:

Dentro do copo existe ar → esse ar exerce pressão que é maior do que a pressão do ar exterior → a água não entra no copo e o papel não se molha.

Está presente uma relação causal, especificamente, uma associação entre a pressão exercida pelo ar existente dentro do copo sobre a água e o facto de a água não subir e, por isso, não molhar o papel. Contudo, enquanto que algumas fundamentações são mais desenvolvidas, a ponto de mencionarem a diferença de pressões (maior pressão do ar existente dentro do copo do que a pressão do ar existente no exterior), outras explicações, porém, somente referem o conceito de pressão, sem clarificarem onde e como actua.

Ainda com base nos dados disponíveis no quadro 16, estas explicações, possivelmente, seriam formuladas por alunos dos três níveis de ensino, evidenciando-se alguma uniformidade, em termos numéricos, pois têm esta opinião, o mesmo número de professores dos 1º e 3º ciclos (cada subgrupo com oito professores). Esta forma de justificar o fenómeno pode ser ilustrada através dos seguintes exemplos de resposta:

“A pressão do ar é exercida em todos os sentidos, em todas as direcções” (PP22).

“Fazendo a experiência o copo encostado à tina forma um vácuo no seu interior, e com essa pressão o papel mantém-se seco” (PP30).

“O papel não entra em contacto com a água porque o ar faz força” (PS37).

“Porque o ar impede que a água molhe o papel dentro do copo, devido à pressão do ar” (PS38).

“O ar existente dentro do copo exerce pressão sobre a água impedindo-a de atingir o papel no fundo do copo” (PT6).

“O papel continua seco porque a água não toca no papel, já que há uma diferença de pressão” (PT21).

No caso da subcategoria C3, somente foi encontrada uma resposta que pudesse ser incluída nesta subcategoria, a qual foi apresentada por um professor do 3º ciclo que a considerou como uma possível explicação que o aluno desse nível deveria formular. Na referida explicação refere-se uma característica geral do ar, especificamente, a diminuição de volume do ar, quando é comprimido, o que não impede que o ar continue a ocupar um certo espaço, impedindo a água de entrar. Assim, o raciocínio que a referida explicação envolve, pode resumir-se como se segue:

O copo contém ar → assim que se introduz o copo dentro de água, o ar do copo comprime-se → a compressão do ar do copo provoca diminuição de volume do ar → o ar continua a ocupar alguma espaço e impede a água de entrar.

Apresenta-se a referida resposta, a fim de ilustrar a ideia nela presente:

“Quando se coloca o papel no copo não é feito vácuo no interior do copo. Quando se mergulha o copo, o ar contido no copo irá ser comprimido e, conseqüentemente, o seu volume diminuirá. Como o papel é colocado no fundo do copo, o ar comprimido estará nessa região, de tal forma que o papel continua seco” (PT14).

Nas respostas dadas e incluídas na subcategoria C4, entende-se que se atribui ao ar a responsabilidade de impedir a entrada da água dentro do copo e, portanto, de chegar ao papel. Todavia, tal relação de causa-efeito não é estabelecida de forma explícita. Esta subcategoria pode esquematizar-se como se segue:

Dentro do copo existe ar que não tem por onde sair → devido a esse ar, a água não consegue entrar no copo → o papel não se molha.

Visualizando os dados colocados no quadro 16, nota-se que o número de professores que considera que os alunos deveriam usar esta forma de explicar este fenómeno é relativamente elevado nos três níveis de ensino, mas, sobretudo, no grupo dos professores que lidam com crianças mais jovens, ou seja, do 1º ciclo (25 professores). Assim, verifica-se que as respostas que incluem esta ideia

vão diminuindo com o aumentar da idade dos grupos que os professores leccionam, surgindo, pois, em menor quantidade, no grupo dos 2º e 3º ciclos (14 e 12 professores, respectivamente).

São exemplos desta forma de explicar o fenómeno em causa, as seguintes respostas:

“A água não entra no copo porque está lá o ar que não consegue sair por lado nenhum” (PP16).

“Porque o copo tinha ar e a água não entrou” (PP29).

“Como o copo estava cheio de ar, a água não entrou e não entrando não podia molhar o papel” (PS10).

“A água não entra no copo porque o copo tem ar” (PS45).

“Quando se introduz o copo invertido dentro de água, o ar (contido dentro do copo) não permite que o papel entre em contacto com a água” (PT10).

“Presença de ar no interior do copo” (PT41).

4.3.2.3. Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco

Através da questão 2.3, do questionário a professores, pretendia-se saber até que ponto os professores participantes no estudo consideravam, ou não, suficientes, as explicações que anteriormente indicaram que os alunos deveriam ser capazes de elaborar.

Os resultados da análise das opiniões emitidas pelos docentes, a esse respeito, apresentados na tabela 13, indicam que mais de dois terços dos sujeitos (102 professores – 75.6%) consideram completas as explicações que afirmaram que os alunos deveriam ser capazes de dar, restando um número menor de indivíduos (31 docentes – 22.9%), aproximadamente um quarto, que as acha insuficientes.

Tabela 13

Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o papel se manter seco

Concordância dos professores com a explicação dos alunos	Professores do 1º ciclo (n=49)		Professores do 2º ciclo (n=46)		Professores do 3º ciclo (n=40)		Total de professores (n=135)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é completa	45	91.8	34	73.9	23	57.5	102	75.6
não é completa	4	8.2	12	26.1	15	37.5	31	22.9
não respondeu	—	—	—	—	2	5.0	2	1.5

Tal como na situação problemática anterior (balão dentro da garrafa), à medida que aumenta o nível de ensino, aumenta o número de indivíduos que consideram insuficientes as explicações que afirmaram que os alunos deveriam ser capazes de elaborar.

4.3.2.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o facto de o papel se manter seco

Esta secção destina-se a analisar as respostas dadas pelos 31 professores que consideraram incompletas as explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular (questão 2.3. do questionário). Pelos resultados obtidos, através da classificação das referidas respostas e que a tabela 14 expõe, verifica-se que, dos referidos 31 professores, apenas 28 elaboraram as respostas que consideram completas, notando-se que, três elementos (dois no 2º ciclo e um no 3º ciclo), embora tivessem considerado incompletas as explicações dos alunos, não apresentarem, posteriormente, as respostas que eles próprios consideram completas.

Tabela 14

Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco

Tipos de explicação que os professores consideram completas	Professores do 1º ciclo (n=4)	Professores do 2º ciclo (n=12)	Professores do 3º ciclo (n=15)	Total de professores (n=31)	
	f	f	f	f	%
Descritivo	1	—	—	1	3.2
Causal	3	10	14	27	87.1
Interpretativo	—	—	—	—	—
Não respondeu	—	2	1	3	9.7

Mais uma vez se evidenciam diferenças entre os três níveis de ensino, no que respeita ao número de docentes que apresentam explicações que consideram mais completas que as que os alunos deveriam dar acerca do fenómeno em questão. Nas respostas dadas pelo conjunto dos 27 docentes, identificaram-se, predominantemente, explicações do tipo causal, das quais, mais de metade foram identificadas nas respostas dos docentes pertencentes ao 3º ciclo (14 docentes), seguindo-se os professores 2º ciclo (10 professores) e, por último, os professores pertencentes ao 1º ciclo (três professores). Apenas um professor do 1º ciclo recorreu a explicações do tipo descritivo e nenhum professor utilizou explicações interpretativas para interpretar, de forma completa, o fenómeno em questão.

Tal como se procedeu para as explicações que os professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de formular, também no caso das explicações dadas pelos professores, identificaram-se subcategorias para cada tipo de explicação, sintetizando-se, deste modo, as

explicações que os próprios professores consideram completas, em relação a esta situação problemática.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Após a análise efectuada às respostas dos professores, apenas foi possível incluir uma única explicação na subcategoria D2 (quadro 17), sendo a mesma considerada, por um professor do 1º ciclo, como uma explicação completa para a permanência do papel seco, dentro do copo mergulhado em água.

Quadro 17

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco (n=1)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=1)	2º C (n=0)	3º C (n=0)
D2: o próprio copo, como é de vidro, protege o papel e este não se molha.	1	—	—

Apresenta-se, seguidamente, a resposta dada pelo referido professor:

“O papel ficou seco dentro do copo apesar de estar na água, pois as paredes de vidro protegem” (PP3).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As respostas dos professores, consideradas por estes como as mais adequadas para explicar o facto de o papel se manter seco e que foram classificadas como explicações causais, foram agrupadas em três subcategorias (C1, C2 e C4) que se apresentam no quadro 18 e que já atrás (em 4.3.2.2.) se descreveram (no quadro 16).

Quanto às respostas dos professores agrupadas na subcategoria C1, pelos dados expostos no quadro 18 verifica-se que são somente 11 os sujeitos que consideram esta forma de explicar como sendo a forma mais completa para explicar o fenómeno em questão. Nota-se que o número de respostas que encerram esta ideia vai aumentando, ligeiramente, à medida que aumenta o nível de ensino, ou seja, são os professores do 3º ciclo os que em maior número admitem estas explicações como completas.

Quadro 18

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideraram completas para fundamentar o facto de o papel se manter seco (n=27)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1 ^a C (n=3)	2 ^a C (n=10)	3 ^a C (n=14)
C1: dentro do copo tem ar; o ar ocupa espaço; ao introduzir-se o copo dentro de água, o ar que está lá dentro não sai e fica a ocupar o espaço que seria necessário para a água; logo, a água não entra	2	4	5
C2: dentro do copo tem ar; o ar exerce pressão sobre a água, sendo superior à pressão desta; a água não consegue entrar e molhar o papel	—	2	9
C4: dentro do copo tem ar; esse ar não consegue sair; então, a existência do ar dentro do copo impede/não deixa a água entrar e molhar o papel	1	4	—

Apresentam-se, seguidamente, alguns exemplos das respostas dadas pelos referidos 11 docentes:

“A água não entra, porque o copo tem ar que tem peso e ocupa espaço” (PP17).

“O ar que existe dentro do copo mantém-se quando este é introduzido na água e cria uma “barreira” que impede a água de entrar em contacto com o papel” (PP55).

“Porque possuindo ar no seu interior, este tem de ocupar um determinado espaço, o que possibilita ao papel manter-se seco” (PS13).

“A água não entra no copo, pois o espaço está ocupado com ar” (PS32).

“O que é necessário é que os alunos reconheçam a existência de ar, enquanto mistura e que este ocupa volume” (PT19).

“O ar por ser um gás, pode ser comprimido e, por isso, o copo virado ao contrário, fica com alguma água. No entanto, porque ocupa espaço, não deixa que a água passe e molhe o papel” (PT52).

Em relação à subcategoria C2, nenhum professor do 1^o ciclo recorre à pressão exercida pelo ar, dentro do copo, na explicação completa para o facto de o papel não se molhar. Em contrapartida, os docentes do 3^o ciclo, em número considerável (nove professores), relativamente aos do 2^o ciclo (dois docentes), dão explicações que encerram esta ideia e que, por isso, se enquadram nesta subcategoria. Tal como se verificou, anteriormente, nas explicações que os professores consideraram que os alunos deveriam dar, também neste caso, nas explicações que os docentes indicam como completas, alguns deles referenciam o equilíbrio de pressões (da água e do ar), atribuindo-lhe a “responsabilidade” pelo facto de o papel não se molhar.

Como exemplos de respostas nas quais se encontra esta forma de explicar, apresentam-se as que se seguem:

“Como o ar ocupa espaço e a pressão deste (do ar) é superior à da água, esta não entra no copo” (PS16).

“A pressão exercida pelo ar no interior do copo não deixa a água entrar em contacto com o papel” (PS37).

“Isto significa que a pressão do ar contido no copo, exercida sobre a água, não permite a entrada desta no copo” (PT7)

“A água não subiu devido a ter-se estabelecido uma igualdade de pressões: $P(\text{água})=P(\text{ar})$ - equilíbrio”(PT31).

Nas respostas fornecidas pelos professores e incluídas na subcategoria C4 (o ar existente dentro do copo não deixa a água entrar), os dados descritos no quadro 18 revelam que nenhum professor do 3º ciclo explicou o fenómeno em causa recorrendo a esta ideia, acontecendo que um só docente do 1º ciclo e quatro do 2º ciclo consideraram esta forma de explicar o facto de o papel se conservar seco como a forma mais completa. Para ilustrar esta forma de explicar, apresentam-se os seguintes exemplos de respostas dadas pelos professores:

“Porque o copo está com ar” (PP27)

“Como o copo está cheio de ar, a água não pode entrar e o papel não se molha” (PS30).

“O papel manteve-se seco, porque dentro do copo existia ar que impediu a entrada da água para dentro” (PS52).

4.3.3. Situação 3: êmbolo de seringa

4.3.3.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o facto de o êmbolo, quando pressionado, não descer totalmente

A terceira situação problemática, como se pode ver na figura 27, tem a ver com uma seringa cheia de ar, cujo orifício é tapado com o dedo, de maneira a impedir a entrada e a saída do ar, sendo o êmbolo pressionado nestas condições.

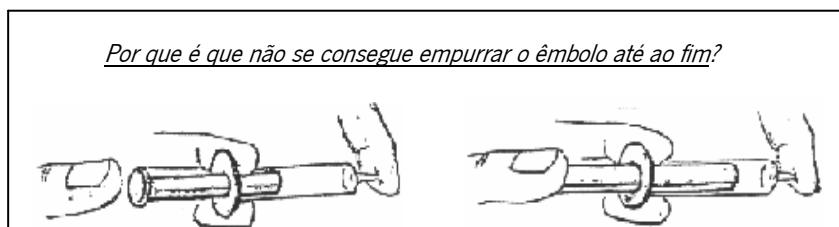


Figura 27: Situação problemática 3

A questão colocada aos docentes (questão 3.1 do questionário) pretendia conhecer a opinião que os mesmos tinham acerca da capacidade explicativa dos alunos, nos anos terminais dos três

ciclos do Ensino Básico (4º, 6º e 9º anos de escolaridade), para o facto de o papel, dentro do copo invertido e mergulhado em água, se manter seco.

Os resultados decorrentes da análise dessas opiniões, colocados na tabela 15, são reveladores de uma particularidade, não constatável nas demais situações problemáticas consideradas: à excepção de dois professores (1.2%), um pertencente ao subgrupo do 1º ciclo e um outro incluído no subgrupo do 2º ciclo, todos os outros docentes participantes neste estudo (163 professores – 98.8%) admitem que os alunos deverão ser capazes de explicar por que motivo o êmbolo da seringa não desce totalmente quando pressionado. Nenhum professor deixou de responder a esta questão.

Tabela 15

Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o facto de o êmbolo não descer totalmente

Opinião dos professores	Professores do 1º ciclo (n=55)		Professores do 2º ciclo (n=55)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=165)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é capaz de explicar	54	98.2	54	98.2	55	100.0	163	98.8
não é capaz de explicar	1	1.8	1	1.8	—	—	2	1.2
não respondeu	—	—	—	—	—	—	—	—

Assim, sendo, verifica-se uma acentuada homogeneidade em cada um dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), no que respeita à opinião favorável dos professores, acerca da possibilidade de os alunos serem capazes de explicar o fenómeno em questão.

4.3.3.2. Explicações que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular, para o facto de o êmbolo, quando pressionado, não descer totalmente

A questão 3.2 do questionário tinha como finalidade tomar conhecimento da forma como os alunos deveriam explicar a não descida total do êmbolo, segundo opinião dos 164 professores que afirmaram que os alunos conseguiriam formular uma explicação para o fenómeno em causa.

Os resultados da análise das respostas dos professores, não só no que respeita à forma das explicações, mas também ao conteúdo das mesmas, estão disponíveis na tabela 16 e evidenciam uma acentuada desigualdade na distribuição dos três tipos de explicação identificados (descritivo, causal e interpretativo). Nenhuma explicação foi incluída na categoria “respostas incompreensíveis”.

Tabela 16

Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente

Tipos de explicação	Professores do 1º ciclo (n=54)		Professores do 2º ciclo (n=54)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=163)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	2	3.7	—	—	—	—	2	1.2
Causal	52	96.3	54	98.2	53	96.4	159	97.6
Interpretativo	—	—	—	—	2	3.6	2	1.2
R. incompreensíveis	—	—	—	—	—	—	—	—

Assim, pela observação dos resultados obtidos, constata-se que a maioria dos docentes (159 professores – 97.6%) considera que os alunos utilizariam explicações do tipo causal para explicar a não descida do êmbolo, enquanto que somente dois professores (1.2%), pertencentes ao subgrupo do 1º ciclo, admitem que os alunos explicariam o fenómeno em questão recorrendo a explicações do tipo descritivo.

Como nos é dado ver, ainda pela análise da tabela 16, nenhum professor dos 1º e 2º ciclos consideram a utilização de explicações do tipo interpretativo, por parte dos alunos deste nível. Somente dois docentes (1.2%), pertencentes ao subgrupo do 3º ciclo, defendem que os alunos deveriam ser capazes de explicar o fenómeno em causa, recorrendo a explicações deste tipo.

Também para esta situação problemática, formaram-se algumas subcategorias que esquematizam o conteúdo de cada um dos tipos de explicação encontrados nas respostas dos professores, relativamente às explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular sobre a não descida do êmbolo da seringa. São elas:

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Com as duas respostas dadas por dois professores pertencentes ao 1º ciclo como sendo as que os alunos desse nível de ensino deveriam ser capazes de formular, para explicar a impossibilidade de o êmbolo descer totalmente quando empurrado e as quais se classificaram como explicações do tipo descritivo, constituíram-se duas subcategorias (D1 e D2), contendo, cada uma destas, uma explicação (quadro 19).

Quadro 19

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que o aluno deverá ser capaz de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente (n=2)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=0)	3º C (n=0)
D1: a seringa não tem ar suficiente para o êmbolo conseguir descer	1	–	–
D2: pressiona-se o êmbolo; o êmbolo exerce pressão na seringa e desce	1	–	–

A única explicação incluída na subcategoria D1 dá a entender que se estabelece uma analogia entre o fenómeno em si (como não tem ar não desce) e as necessidades dos seres vivos (precisam de ar para viver). A subcategoria D1 pode esquematizar-se da seguinte forma:

Dentro da seringa existe pouco ar → com “falta” de ar o êmbolo não desce.

A referida resposta é a seguinte:

“Não tem ar suficiente” (PP7).

Quanto à subcategoria D2, que integra a outra resposta na qual se identificou uma explicação do mesmo tipo (descritivo), a mesma pode resumir-se como se segue:

Pressiona-se o êmbolo → o êmbolo desce um pouco.

Nesta explicação, apenas se descreve um dos procedimentos efectuados para reproduzir o fenómeno pretendido, não indicando por que motivo tal acontece, conforme se pode verificar pela resposta que a seguir se transcreve:

“O êmbolo exerce pressão na seringa, entrando um pouco para dentro” (PP30).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Quanto às 159 respostas dadas pelos professores, as quais se classificaram como explicações causais e que, segundo os docentes, seriam as explicações que os alunos deveriam ser capazes de dar, para a não descida do êmbolo da seringa, em todas se estabelece uma relação de causa-efeito. Assim, as subcategorias formadas (C1, C2, C3 e C4) identificaram-se em função do conceito que é usado como causa da impossibilidade de se empurrar o êmbolo até baixo, enquanto que se identificou

uma outra subcategoria (C5) a qual inclui as explicações que atribuem a principal responsabilidade ao ar, mas fazendo-o de forma implícita. As cinco subcategorias formadas expõem-se no quadro 20.

Quadro 20

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente (n=159)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=52)	2º C (n=54)	3º C (n=53)
C1: dentro da seringa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume; logo, o êmbolo fica sem espaço para descer	14	13	11
C2: dentro da seringa tem ar; quando se pressiona o êmbolo, o ar que está dentro da seringa comprime-se, mas só até certo ponto, continuando a ocupar espaço; o êmbolo não desce totalmente.	13	20	18
C3: dentro da seringa tem ar; esse ar está a exercer pressão; quando se pressiona o êmbolo, a pressão deste passa a ser igual à do ar dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce totalmente	9	5	7
C4: dentro da seringa tem ar; esse ar ao ser comprimido/pressionado pelo êmbolo, diminui o volume e, conseqüentemente, aumenta a pressão dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce totalmente	—	—	14
C5: a seringa tem ar; esse ar, como não pode sair porque o dedo está a tapar/impedir o ar de sair, o êmbolo não desce totalmente.	16	16	3

Relativamente à subcategoria C1, a ideia principal, presente nas explicações que a mesma agrupa, pode sintetizar-se do seguinte modo:

Dentro da seringa existe ar → esse ar ocupa espaço/lugar → o êmbolo não desce

Nesta forma de explicar o fenómeno em questão, unicamente se menciona uma característica geral do ar, sem, contudo, se estabelecer qualquer tipo de articulação entre essa característica (o ar ocupa espaço) e qualquer outro comportamento do ar. Parece haver, de facto, apenas a noção de que o ar, ocupando espaço, não deixa lugar para qualquer outro corpo, neste caso o êmbolo da seringa.

Porém, na generalidade das respostas dadas pelos professores, como sendo as explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular, apenas se explicita, muito resumidamente, esta característica do ar, sem, contudo, se esclarecer de que ar se trata ou a forma como actua. Todavia, dado o contexto em que a resposta se processa, depreende-se que se referem ao ar que está dentro da seringa. É, ainda frequente, sobretudo nas respostas dos professores respeitantes aos anos que contemplam alunos mais jovens (1º e 2º ciclo), a indiferenciação entre vocábulos como: volume, lugar, espaço.

De acordo com os dados presentes no quadro 20, a presença desta subcategoria vai diminuindo à medida que se avança de nível de ensino, ou seja, os professores do 1º ciclo são os que, em maior número (14 professores), consideram que os alunos justificariam a não descida total do êmbolo usando esta ideia, seguidos dos do 2º ciclo (13 professores), sendo os professores do 3º ciclo os que, em menor número (11 docentes), admitem que os alunos seriam capazes de explicar, desta forma, o referido fenómeno. Para ilustrar a ideia chave que esta subcategoria representa, transcrevem-se, de seguida, extractos das respostas dadas pelos professores:

“Há ar dentro da seringa e ele ocupa espaço” (PP8).

“Porque o ar ocupa espaço” (PP52).

“Não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim porque o ar ocupa espaço e como se está a tapar com o dedo o orifício de saída do ar, este não pode sair para o exterior, ficando assim retido no interior da seringa” (PS20).

“O ar no interior da seringa ocupa um determinado volume” (PS27).

“O aluno deve referir que dentro da seringa existem partículas (corpúsculos) de ar que ocupam espaço” (PT2).

“O ar dentro da seringa ocupa espaço que não pode ser ocupado pelo êmbolo a partir de certo ponto” (PT29).

No que respeita às explicações agrupadas na subcategoria C2, sobressai a sua maior complexidade argumentativa, em comparação com C1, na medida em que, estabelecem uma relação causal que articula dois conceitos, especificamente, espaço e compressibilidade do ar. Assim, à ocupação de espaço por parte do ar, como causa principal da não descida total do êmbolo, acrescenta-se, ainda, que, sendo ele sujeito a uma compressão, provocada, neste caso, pelo empurrar do êmbolo, há uma alteração do seu comportamento, especificamente, uma diminuição de volume, ainda que continue a ocupar algum espaço. A ideia geral representada pela subcategoria C2 pode ser esquematizada da seguinte forma:

Dentro da seringa existe ar → esse ar ocupa espaço/volume → ao pressionar o êmbolo, o ar da seringa comprime-se até certo ponto → o volume do ar diminui, mas o ar continua a ocupar espaço → o êmbolo não desce até ao fim.

Refira-se, todavia, que nas respostas dadas pelos professores participantes neste estudo, como sendo as que os alunos possivelmente dariam, para explicar a impossibilidade de o êmbolo descer totalmente, está presente o uso de uma linguagem pouco científica e com bastantes marcas de

oralidade, nomeadamente, quando indicam que o ar se “aperta”/”encolhe”, pretendendo referir que o ar se comprime.

Segundo os dados que o quadro 20 apresenta, mais de metade dos docentes respondentes (51 professores) é de opinião que os alunos explicariam o fenómeno em causa recorrendo a esta ideia, centrando-se a maior frequência desta opinião nos professores dos 2º e 3º ciclos (20 e 18, respectivamente). Os docentes pertencentes ao subgrupo dos que trabalha com crianças mais jovens (1º ciclo) são os que, em menor quantidade (13 professores), consideram que os alunos, para explicar a não descida total do êmbolo, refeririam a ocupação de espaço, por parte do ar e a capacidade que este tem de se comprimir.

Expõem-se, de seguida, a título exemplificativo, algumas explicações integradas em C2:

“O ar “apertado” na seringa não deixa que o êmbolo entre até ao fim da seringa” (PP10).

“Porque a seringa contém ar que se consegue “apertar” mas que continua a ocupar o seu espaço dentro da seringa. O ar comprime-se” (PP19).

“Não consegue empurrar o êmbolo até ao fim porque o ar ocupa espaço, com a pressão pode ocupar menos espaço mas nunca totalmente” (PS10).

“Dentro da seringa existe ar. O ar ocupa espaço que impede de empurrar o êmbolo até ao fim. Por outro lado, consegue-se empurrar o êmbolo até àquele ponto porque, o ar tem volume e forma variáveis e é, por isso, compressível. Isto é, quando o ar é sujeito a uma força, ocupa um volume menor, contudo, a compressibilidade do ar tem limites. (PS14).

“O ar contido na seringa é um gás e por isso tem uma elevada compressibilidade e o êmbolo só poderá ser empurrado até atingir a compressibilidade máxima do gás” (PT12).

“O aluno diz que o gás (o ar) que está dentro da seringa pode comprimir-se até um certo ponto, mas o ar continua a ocupar espaço” (PT45).

Quanto à subcategoria C3, trata-se de uma subcategoria que agrupa explicações nas quais, para justificar o fenómeno em questão, os professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de recorrer ao conceito de pressão, exercida pelo ar dentro da seringa, atribuindo-lhe a responsabilidade de o êmbolo não conseguir descer totalmente.

Segundo algumas respostas dadas pelos professores, as explicações que os alunos deveriam ser capazes de dar seriam mais específicas, ao centrarem-se quer na diferença de pressão (maior pressão dentro da seringa do que a pressão exercida pelo êmbolo), quer no equilíbrio de pressões, para que o êmbolo pudesse descer um pouco. Em outras respostas, porém, os professores consideram que as explicações formuladas pelos alunos seriam mais sintéticas, indicando, apenas, a pressão como razão principal da ocorrência do fenómeno, mas sem explicitarem como a mesma actua

dentro da seringa. A ideia geral presente nas explicações inseridas nesta subcategoria (C3) pode resumir-se como se segue:

Dentro da seringa existe ar → esse ar, ao ser comprimido, exerce maior pressão/força → essa pressão é superior à pressão exercida pelo êmbolo → o êmbolo não consegue descer.

Os resultados expostos no quadro 20 evidenciam que este tipo de resposta, segundo admitem os professores, deveria ser dada por alunos dos três níveis de ensino. Contudo, esta opinião surge, em maior número, nos subgrupos dos professores do 1º (nove professores) e do 3º ciclos (sete professores), enquanto apenas cinco professores incluídos no subgrupo do 2º ciclo consideram que os alunos deveriam ser capazes de explicar, desta forma, a não descida do êmbolo. As respostas que se seguem constituem alguns exemplos ilustrativos das explicações agrupadas em C3:

“Tapa-se o ar e não pode entrar mais o êmbolo porque é a pressão do ar que condiciona” (PP3).

“Por causa da pressão do ar que está lá dentro (o dedo está a tapar a saída)” (PP33).

“Porque a seringa contém ar; como o dedo está a tapar impede o ar de sair fazendo pressão” (PS38).

“O ar tem força” (PS46).

“Quanto menor for o volume a que um gás está sujeito maior vai ser a sua pressão sob as paredes do recipiente” (PT6)

“O ar existente na seringa exerce uma força de pressão que se opõe à exercida pelo dedo” (PT39).

Relativamente às explicações inseridas em C4, para além de se centrarem no conceito de pressão exercida pelo ar, estabelecem, ainda, uma articulação entre a compressão do ar, a respectiva diminuição de volume e o conseqüente aumento de pressão, ou seja, o ar dentro da seringa, ao ser comprimido pelo êmbolo, vai diminuindo de volume e aumentando a pressão exercida sobre o êmbolo, não se conseguindo, por isso, descer totalmente o êmbolo. Em alguns casos, avança-se com o pormenor da constituição do ar, recorrendo a uma linguagem mais científica e mais completa. Esta forma de explicar o fenómeno em questão pode sintetizar-se do seguinte modo:

Dentro da seringa existe ar → esse ar ocupa espaço → ao empurrar o êmbolo, o ar da seringa comprime-se → a diminuição do volume do ar provoca um aumento da sua pressão, dentro da seringa → esse aumento de pressão faz com que o êmbolo não desça completamente.

Ainda pelos dados que o quadro 20 disponibiliza, constata-se que, unicamente 14 docentes, pertencentes ao subgrupo do 3º ciclo, consideram que os alunos desse nível de ensino deveriam ser capazes de explicar dessa forma (C4) o fenómeno em questão. Os seguintes exemplos de respostas ilustram este subtipo de explicações:

“Na compressão a massa do ar não varia; o volume do ar diminui; logo, a pressão do ar aumenta” (PT10).
“O aluno deverá dizer que ao empurrar o êmbolo está a diminuir o volume e conseqüentemente aumenta a pressão” (PT51).

No que respeita a C5, trata-se de uma subcategoria que inclui as explicações que 35 professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de construir e nas quais se subentende que é devido ao ar existente dentro da seringa que o êmbolo não desce até ao fim. Todavia, não é explicitado qual o papel do ar que o leva a impedir essa descida. Nesta forma de explicar o fenómeno em questão, está presente, tal como nas explicações incluídas nas subcategorias anteriores (C1, C2, C3 e C4), uma relação de causa-efeito, mas de uma forma implícita, dado que os respondentes, embora conscientes que o êmbolo não consegue descer, devido ao ar existente dentro da seringa, que não pode sair, não mencionam, porém, nenhum conceito ou processo “causador” desse efeito.

Esta subcategoria pode esquematizar-se como se segue:

Dentro da seringa há ar que não pode sair → devido a esse ar, o êmbolo não desce.

Ilustram-se as explicações incluídas em C5, através das seguintes citações:

“Porque já estava ar dentro da seringa” (PP15).
“O ar da seringa não consegue sair” (PP17).
“Não se consegue empurrar o êmbolo da seringa até ao fim porque existe ar no interior da seringa” (PS2).
“Quando se tapa o orifício da seringa o ar não sai da seringa e não deixa empurrar o êmbolo” (PS25).
“Porque o dedo tapa o ar” (PT7).
“O ar que existe dentro da seringa impede que o êmbolo deslize até ao fim” (PT30).

Como é possível verificar, através dos dados inseridos no quadro 19, as explicações agrupadas nesta subcategoria foram, predominantemente, avançadas pelos docentes dos subgrupos que trabalham com alunos mais jovens, nomeadamente, os do 1º e 2º ciclos (16 professores, em cada subgrupo). Somente três professores do 3º ciclo consideram que os alunos deste nível de ensino, a elas recorreriam para explicar o fenómeno em causa.

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

No que concerne às explicações classificadas no tipo interpretativo, e tal como aconteceu na primeira situação problemática (“balão dentro de garrafa”), também neste caso a pouca diversidade de respostas levou a que apenas fosse criada uma subcategoria, especificamente, a subcategoria I1 que o quadro 21 apresenta.

Quadro 21

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente (n=2)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=0)	3º C (n=2)
I1: a seringa contém ar; esse ar é constituído por partículas, entre as quais há espaços vazios; o êmbolo, ao ser pressionado, exerce pressão sobre o ar; diminuem os espaços entre as partículas; o ar diminuiu de volume e aumenta a pressão sobre o êmbolo; o êmbolo não desce totalmente.	—	—	2

A subcategoria I1 inclui as explicações que dois professores do 3º ciclo indicaram como sendo as que os alunos, desses dois níveis de ensino, deveriam construir para o fenómeno em causa. A referida subcategoria pode resumir-se à custa da seguinte ideia geral:

Dentro da seringa existe ar que é constituído por partículas → ao pressionar o êmbolo comprime-se o ar dentro da seringa → diminuem os espaços vazios entre as partículas → diminui o volume do ar e aumenta a pressão dentro da seringa → o aumento da pressão sobre o êmbolo faz com que ele não consiga descer completamente.

Segundo opinião emitida pelos docentes, nas explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular, já recorreriam a entidades teóricas para fundamentar o fenómeno, especificamente, os corpúsculos constituintes do ar e respectivo comportamento, quando sujeitos a uma compressão, neste caso, resultante do empurrar do êmbolo. As respostas em causa evidenciam, de facto, a noção de que o ar introduzido dentro da seringa é constituído por partículas, entre as quais há espaços vazios e que o pressionar do êmbolo, provoca uma diminuição desses espaços vazios, originando, dentro da seringa, um aumento de pressão que passa a ser superior à pressão exercida pelo êmbolo. Este raciocínio é demonstrado nas seguintes respostas dadas pelos professores:

“Não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim porque dentro da seringa existe ar que se pode comprimir, mas até um certo limite. Os gases são formados por corpúsculos e existe um certo espaço entre eles que diminui quando o espaço que têm diminui também, devido ao empurrar do êmbolo. Isto provoca um aumento de pressão dentro da seringa” (PT21).

“O número de corpúsculos constituintes do ar mantém-se constante. Diminui o volume onde estão contidos e os corpúsculos ao estarem mais perto uns dos outros vão colidir mais vezes com as paredes das seringa e entre eles próprios o que faz aumentar a pressão no interior. Os corpúsculos ocupam também espaço, apenas são comprimidos, diminuindo os espaços vazios entre eles” (PT44).

4.3.3.3. *Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o facto de o êmbolo não descer totalmente*

Relativamente às explicações que os 163 docentes indicaram que os alunos deveriam ser capazes de formular, para explicar a impossibilidade de o êmbolo descer, foi-lhes perguntado, na questão 3.3 do questionário, se consideravam, ou não, essas explicações completas. Os resultados da análise das respostas dadas pelos referidos docentes, encontram-se expostos na tabela 17.

Tabela 17

Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente

Concordância dos professores com a explicação dos alunos	Professores do 1º ciclo (n=54)		Professores do 2º ciclo (n=54)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=163)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é completa	52	96.3	39	72.2	38	69.1	129	79.2
não é completa	2	3.7	14	25.9	15	27.3	31	19.0
não respondeu	—	—	1	1.9	2	3.6	3	1.8

A análise da tabela evidencia uma configuração de respostas muito idêntica à já constatada e descrita em S1 e em S2. No conjunto dos três subgrupos de professores participantes neste estudo, a grande maioria considera completas as explicações que, segundo opinaram, os alunos deveriam ser capazes de dar (129 docentes – 79.2%), enquanto que apenas uma parte reduzida as admite como insuficientes (31 docentes – 19.0%) e, somente, três docentes (1.8%) não responderam à questão.

Todavia, centrando-nos em cada um dos três níveis de ensino, nota-se um decréscimo do número de professores que consideram completas as referidas explicações dos alunos, do 1º ciclo (52 professores) para o 2º ciclo (39 professores), estando este muito próximo do nível de ensino seguinte (38 professores). Estas constatações, tal como em S1 e S2, permitem-nos inferir que, à medida que avança o nível de ensino, os docentes vão-se tornando mais exigentes, existindo cada vez menos docentes a considerarem suficientes as explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular.

4.3.3.4. Explicação que os professores consideram completas para o facto de não se conseguir que o êmbolo desça totalmente

Ainda, através da questão 3.3 do questionário, pretendia-se conhecer a explicação considerada completa pelos 31 professores que admitiram, como incompletas, as explicações que afirmam que os alunos deveriam ser capazes de construir. Os resultados conseguidos através da análise dessas respostas estão colocados na tabela 18.

Tabela 18

Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente

Tipos de explicação que os professores consideram completas	Professores do 1º ciclo (n=2)	Professores do 2º ciclo (n=14)	Professores do 3º ciclo (n=15)	Total de professores (n=31)	
	f	f	f	f	%
Descritivo	—	—	—	—	—
Causal	2	13	11	26	83.9
Interpretativo	—	—	3	3	9.7
Não respondeu	—	1	—	1	3.2
R. incompreensíveis	—	—	1	1	3.2

Os dados obtidos evidenciam que dos 31 professores que consideraram incompletas as explicações que os alunos deveriam conseguir formular, apenas 29 professores apresentaram as suas próprias explicações, que consideram completas, pois, um docente do 2º ciclo não respondeu e um outro do 3º ciclo deu uma resposta incompreensível.

Relativamente à natureza das explicações que apresentaram como sendo as mais completas, verifica-se que os professores não usaram as explicações descritivas e, muito pouco, as explicações interpretativas (três docentes), sendo as explicações causais as que se identificaram, em maior número (26 docentes), nas respostas dos professores.

Conforme se procedeu nas duas situações problemáticas atrás apresentadas (S1 e S2), também nesta situação problemática (S3), criaram-se algumas subcategorias para os dois tipos de explicação identificados (causal e interpretativo), nas respostas que os professores deram e que o quadro 21 sintetiza.

i) Subcategorias formadas para as explicações causais

As 26 respostas dadas pelos professores, consideradas por estes como explicações completas para o fenómeno em questão e classificadas como explicações causais, foram repartidas pelas cinco subcategorias já apresentadas em 4.3.3.2 (quadro 20), conforme se verifica pelo quadro 22.

Quadro 22

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente (n=26)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=13)	3º C (n=11)
C1: dentro da seringa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume; logo, o êmbolo fica sem espaço para descer	–	1	–
C2: dentro da seringa tem ar; quando se pressiona o êmbolo, o ar que está dentro da seringa comprime-se, mas só até certo ponto, continuando a ocupar espaço; o êmbolo não desce totalmente.	–	10	3
C3: dentro da seringa tem ar; esse ar está a exercer pressão; quando se pressiona o êmbolo, a pressão deste passa a ser igual à do ar dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce totalmente	1	1	4
C4: dentro da seringa tem ar; esse ar ao ser comprimido/pressionado pelo êmbolo, diminui o volume e, conseqüentemente, aumenta a pressão dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce totalmente	1	–	4
C5: a seringa tem ar; esse ar, como não pode sair porque o dedo está a tapar/impedir o ar de sair, o êmbolo não desce totalmente.	–	1	–

Assim, a subcategoria C1 apenas inclui a resposta de um único docente do 2º ciclo, o qual, na explicação que apresentou e considerou completa, atribuiu a impossibilidade de o êmbolo descer até baixo, ao facto de o ar, existente dentro da seringa, estar a preencher esse espaço e não permitir a descida do êmbolo. A resposta que o referido docente apresentou como sendo uma explicação completa é a seguinte:

“O ar ocupa espaço” (PS31).

Em relação às respostas dadas pelos professores e cuja ideia geral permitiu agrupá-las em C2, nota-se, conforme evidenciam os resultados apresentados no quadro 22, que são apenas os subgrupos de docentes do 2º ciclo (10 docentes) e do 3º ciclo (três docentes) os que formularam explicações que consideram completas e nas quais mencionam a capacidade do ar se comprimir e diminuir de volume,

quando sujeito a pressão, neste caso, quando se empurra o êmbolo. Apresentam-se, a título ilustrativo, os seguintes exemplos de respostas:

“Como o ar é compressível, ao empurrar o êmbolo o seu volume vai diminuir e o espaço que ocupa é menor” (PS16).

“O ar dentro da seringa ocupa espaço que não pode ser ocupado pelo êmbolo, a partir de certo ponto. Há um limite de compressibilidade do ar” (PT29).

No que respeita às explicações consideradas pelos próprios professores como completas e que se inseriram na subcategoria C3, constata-se, através do quadro 22, que é escasso o número de docentes dos 1º e 2º ciclos que explicam o fenómeno em questão indicando a pressão exercida pelo ar, dentro da seringa, como o principal “responsável” pela não descida do êmbolo (um docente em cada subgrupo). Os docentes do 3º ciclo são os que, em número maior (ainda que também reduzido) consideram, como completas, explicações com estas características (quatro docentes).

Expõem-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas classificadas na subcategoria C3, a título ilustrativo:

“A seringa tem ar que oferece resistência” (PP17).

“Deve referir-se a pressão que o ar exerce” (PS53).

“Ao empurrar, aumentamos a pressão do gás” (PT3).

No que concerne à subcategoria C4, como se constata pelos resultados apresentados no quadro 22, somente um docente do subgrupo do 1º ciclo e quatro docentes, pertencentes ao subgrupo do 3º ciclo, incluem na explicação que consideram completa para a não descida do êmbolo, quando empurrado, o facto de o ar existente dentro da seringa ao ser comprimido, diminuir de volume e, conseqüentemente, aumentar a pressão que exerce sobre ela. Apresentam-se dois exemplos de respostas, dadas pelos referidos professores, as quais têm, como ideia comum, uma explicação com estas características:

“Ao empurrar-se o êmbolo, o ar vai-se comprimindo até se atingir uma situação de ruptura; ou o êmbolo pára ou o dedo será empurrado pelo ar” (PP37).

“Ao ser comprimido, o volume do ar diminui e a pressão que este exerce nas paredes da seringa aumenta” (PT16).

Quanto a C5, trata-se de uma subcategoria que apenas inclui a resposta de um único docente do 2º ciclo, o qual a apresentou como sendo uma explicação completa, considerando o ar colocado dentro da seringa como elemento impeditivo da possibilidade de o êmbolo descer, sem, contudo, especificar nenhuma das características desse ar, responsável por tal facto. A resposta dada pelo referido docente foi a seguinte:

“Não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim, pois este tem ar no seu interior. Como o dedo está a tapar o orifício, o ar não consegue sair” (PS40).

ii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

No que respeita às respostas apresentadas pelos professores como sendo explicações completas e cuja ideia geral permitiu identificá-las como explicações do tipo interpretativo, as mesmas agruparam-se numa só subcategoria (I1), já apresentada no quadro 21 (em 4.3.3.2), conforme se observa no quadro 23.

Quadro 23

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para fundamentar o facto de o êmbolo não descer totalmente (n=3)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=1)	3º C (n=2)
I1: a seringa contém ar; esse ar é constituído por partículas, entre as quais há espaços vazios; o êmbolo ao ser empurrado, exerce pressão sobre o ar; diminuem os espaços entre as partículas; o ar diminuiu de volume, aumentando o número de choques/colisões das partículas; aumenta a pressão sobre o êmbolo; o êmbolo não desce totalmente	—	—	3

De acordo com os dados inseridos no quadro 23, verifica-se que somente três professores do subgrupo do 3º ciclo consideram que a forma mais completa de explicar o fenómeno em causa é a que refere o modelo corpuscular. Seguem-se, a título ilustrativo, as respostas incluídas em I1:

“O ar contido na seringa, tapada na sua extremidade, é constituído por corpúsculos que se encontram em contínua agitação e separados uns dos outros. Estes corpúsculos ocupam um determinado volume fixo, uma vez que a seringa está tapada. Quando se comprime o êmbolo, empurrando-o para dentro, exercendo maior pressão, a mesma porção de ar passa a ocupar um volume menor. Isto porque os corpúsculos do aproximam-se mais uns dos outros. É difícil empurrar o êmbolo, porque a pressão que esses corpúsculos exercem é cada vez maior. Ou seja, há uma proporcionalidade inversa entre a pressão exercida pelos corpúsculos do ar e o volume ocupado por esses mesmos corpúsculos” (PT8).

“O ar é constituído por corpúsculos em constante movimento. Quando estes corpúsculos estão afastados “chocam” pouco entre si e entre as paredes da seringa e, por isso, a pressão exercida é baixa. Quando o êmbolo é empurrado, os corpúsculos aproximam-se, “chocam” mais entre si e com as paredes da seringa e a pressão exercida nas paredes da seringa aumenta” (PT52).

“As partículas constituintes da matéria ocupam espaço e entre elas existem espaços vazios. Ao empurrar o êmbolo, essas partículas ocuparão um menor volume, ficando com maior agitação e, conseqüentemente, maior pressão. Isto é, ao empurrar o êmbolo, estamos a ocupar os espaços vazios existentes entre as partículas do ar, contidas na seringa” (PT55).

4.3.4. Situação 4: Balão na garrafa com água quente

4.3.4.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem o aumento de volume do balão

A quarta situação problemática, conforme esquema apresentado na figura 28, consiste em colocar um balão vazio no gargalo de uma garrafa e introduzir esta num recipiente com água a temperatura muito elevada, ou seja, água quente.



Figura 28: Situação problemática 4

Em relação à referida situação problemática, os professores deveriam responder à questão 4.1 do questionário, acerca da possibilidade de os alunos dos anos terminais dos três ciclos do ensino básico (4º, 6º e 9º anos de escolaridade) construírem, ou não, uma explicação para o enchimento do balão.

Os resultados obtidos, através da análise efectuada às respostas dos professores, constam da tabela 19. Pela observação desses resultados, é possível constatar que nenhum elemento deixou de emitir a sua opinião, sendo elevado o número dos professores (137 docentes – 83.1%) que admitiram

que os alunos dos ciclos que leccionam seriam capazes de explicar o fenómeno em causa, enquanto que somente uma pequena parte (28 docentes – 16.9%) considerou que os alunos seriam incapazes de o fazer.

Tabela 19

Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para o aumento de volume do balão

Opinião dos professores	Professores do 1º ciclo (n=55)		Professores do 2º ciclo (n=55)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=165)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é capaz de explicar	50	90.9	36	65.5	51	92.7	137	83.1
não é capaz de explicar	5	9.1	19	34.5	4	7.3	28	16.9
não respondeu	—	—	—	—	—	—	—	—

Focalizando a análise nos resultados obtidos, em cada um dos três subgrupos de docentes, pode verificar-se que, ao contrário do que se constatou nas anteriores situações problemáticas (S1, S2 e S3), são os professores pertencentes ao 2º ciclo os que em maior número negam a possibilidade de os alunos serem capazes de fundamentar o enchimento do balão (19 docentes – 34.5%). Quer os docentes incluídos no 1º ciclo, quer os pertencentes ao 3º ciclo aparecem, em número muito reduzido, a não defenderem essa possibilidade (seis e quatro docentes, respectivamente).

4.3.4.2. *Explicação que, na opinião dos professores, os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão*

No caso de os docentes terem admitido que os alunos deveriam ser capazes de formular uma explicação para justificar o facto de o balão começar a encher, assim que a garrafa fosse colocada num recipiente com água quente, deveriam, então, dar a conhecer essas mesmas explicações e respectivas características (questão 4.2 do questionário).

Passa-se, então, a analisar os dados constantes da tabela 20, que inclui as informações respeitantes às respostas dadas pelos 137 professores que, na questão anterior do questionário (questão 4.1) consideraram que os alunos deveriam ser capazes de explicar o aumento de volume do balão.

De acordo com os dados disponíveis na tabela 20, constata-se alguma assimetria na distribuição das respostas pelos três tipos de explicação identificados, no conjunto das respostas que

os 137 professores consideram que correspondem a explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular.

Tabela 20

Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão

Tipos de explicação	Professores do 1º ciclo (n=50)		Professores do 2º ciclo (n=36)		Professores do 3º ciclo (n=51)		Total de professores (n=137)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	8	16.0	7	19.4	—	—	15	10.9
Causal	42	84.0	29	80.6	31	60.8	102	74.5
Interpretativo	—	—	—	—	20	39.2	20	14.6
R. incompreensíveis	—	—	—	—	—	—	—	—

De facto, mais de dois terços (102 docentes – 74.5%) dos professores considera que os alunos, para explicar o enchimento do balão, recorreriam a explicações identificadas como causais, enquanto que os que admitem que os alunos nas explicações que deveriam construir se centrariam em explicações do tipo descritivo, constituem um número bastante menor (57 docentes – 41.6%), dos docentes que consideraram essa capacidade aos alunos. Quanto aos professores que propõem que a interpretação do referido fenómeno, por parte dos alunos, seria feita através do recurso a explicações que se incluem no tipo interpretativo, o número é bastante escasso, pois apenas 20 docentes (14.6%), pertencentes ao subgrupo do 3º ciclo, apresentaram explicações desse tipo.

Ainda pela análise dos dados incluídos na tabela 20, sobressai uma desigual distribuição dos três tipos de explicação, por cada um dos três subgrupos de professores. Assim, nota-se que os professores que leccionam o nível etário dos mais novos (1º ciclo) e o dos mais velhos (3º ciclo) são os que, em maior número (42 e 31 professores, respectivamente), consideram que as explicações que os alunos deveriam ser capazes de elaborar seriam explicações passíveis de ser classificadas no tipo causal. Para além disso, o subgrupo de professores (20 professores) que trabalham com alunos de idades mais elevadas (3º ciclo), admitem, em número considerável, que as explicações construídas pelos alunos desse nível de ensino seriam explicações identificadas por nós como interpretativas, havendo, somente, 16 docentes (1º e 2º ciclos) a avançar com explicações descritivas. Assim sendo, nas explicações que, segundo consideram os professores, os alunos deveriam construir, para o enchimento do balão, predominam as explicações causais em relação às descritivas, nos 1º e 2º ciclos, enquanto que, no 3º ciclo, as explicações causais predominam sobre as interpretativas.

Tal como já se teve oportunidade de referir, aquando da análise das situações problemáticas já apresentadas, também no caso desta situação problemática (S4), nas respostas dadas pelos professores, como sendo as explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular, constituíram-se algumas subcategorias, para cada tipo de explicação identificado.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

No que respeita às 15 explicações identificadas como descritivas e que os professores consideram que os alunos deveriam ser capazes de construir, apenas se formou a subcategoria D1, apresentada no quadro 24.

Quadro 24

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão (n=15)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=8)	2º C (n=7)	3º C (n=0)
D1: da água quente liberta-se/forma-se vapor de água/dá-se o fenómeno da evaporação; esse vapor de água vai para o balão e ele enche.	8	7	–

As 15 explicações que se reúnem na subcategoria D2 descrevem como que uma sequência linear de acontecimentos, provocada pela colocação da garrafa em água quente: da água quente liberta-se vapor de água que vai para o balão e ele enche. Uma análise mais pormenorizada do conteúdo destas respostas permite constatar que, independentemente do nível de ensino, é ao vapor de água que os professores atribuem o enchimento do balão. Continua a não estar presente uma relação de causa-efeito, na medida em que apenas se descreve o que acontece (o balão enche com o vapor de água proveniente da água quente). Pode resumir-se da seguinte maneira, a subcategoria D2:

Com a água quente forma-se vapor de água/dá-se a evaporação → o balão enche.

Conforme os dados colocados no quadro 24, esta subcategoria inclui explicações que deveriam ser formuladas por alunos dos dois níveis de ensino, de acordo com a opinião dos docentes dos 1º e 2º ciclos (oito e sete, respectivamente). A título exemplificativo, apresentam-se as seguintes respostas dadas pelos professores e classificadas na subcategoria D2:

- “O vapor de água quente faz encher o balão” (PP10).
- “Pela evaporação da água, a água evapora-se e vai enchendo o balão” (PP33).
- “O balão enche devido ao vapor de água libertado” (PS8).
- “A água passa do estado líquido para o estado gasoso e enche o balão” (PS41).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Relativamente às 102 explicações identificadas como causais e que os professores consideram que seriam as que os alunos deveriam ser capazes de dar, foi possível formar quatro subcategorias (nomeadamente, C1, C2, C3 e C4) que o quadro 25 apresenta e das quais se fará, em seguida, uma descrição mais pormenorizada.

Quadro 25

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão (n=102)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=42)	2º C (n=29)	3º C (n=31)
C1: dentro da garrafa tem ar; a temperatura da água quente provoca aquecimento da garrafa/do ar da garrafa; esse ar quente passa para o balão e este enche.	21	15	6
C2: dentro da garrafa tem ar; com a água quente esse ar aquece; ao aquecer fica mais leve e menos denso, sobe para o balão e ele enche.	15	3	5
C3: dentro da garrafa tem ar; com a água quente esse ar aquece e aumenta de pressão; vai para o balão e ele enche.	1	—	7
C4: dentro da garrafa tem ar; a água quente aquece esse ar; esse ar ao ser aquecido, expande-se/dilata-se; fica a ocupar mais espaço, vai para o balão e ele enche.	5	11	13

Em relação à subcategoria C1, trata-se de uma subcategoria que agrupa explicações cuja ideia principal se centra na entrada de ar para o balão, devido ao aquecimento da garrafa e/ou do ar existente dentro da garrafa, após a colocação da garrafa em água quente: a água quente aquece a garrafa/o ar que está na garrafa (causa); o ar aquecido vai para o balão e ele enche (efeito). Segundo estas respostas, uma vez aquecido, o ar existente dentro da garrafa “passa” para o balão, parecendo haver um movimento do ar da garrafa para o balão.

A subcategoria C1 pode sintetizar-se da seguinte forma:

A água quente aquece a garrafa/o ar da garrafa → o ar aquecido vai para o balão.

De facto, nas explicações incluídas em C1, a relação de causalidade estabelecida entre o ar quente/aquecido e o enchimento do balão é bastante simples, na medida em que não se chega a especificar as alterações que a variação de temperatura (neste caso, o aumento) provoca no comportamento do ar, contido dentro da garrafa. Há, portanto, uma sequência muito directa e linear: água quente → aquecimento do ar contido na garrafa → enchimento do balão.

Conforme é visível pelos resultados que o quadro 25 contém, esta forma de explicar o fenómeno em questão seria, segundo um número considerável de professores (42 professores), utilizada por alunos dos três níveis de ensino, ainda que esta opinião vá diminuindo à medida que se prossegue para o nível de ensino mais elevado. Assim, são os professores do 1º ciclo os que em maior número (21 professores) consideram que os alunos explicariam o enchimento do balão, referindo-se ao aquecimento da garrafa e/ou do ar dentro da garrafa, reduzindo-se esse número para 15 professores, no 2º ciclo, e para seis professores, no 3º ciclo. Como excertos de respostas incluídas nesta subcategoria, a título ilustrativo, apresentam-se os seguintes:

“Porque o ar aqueceu e o ar quente faz o balão encher” (PP20)

“Porque a temperatura provoca um aquecimento da garrafa e o ar da garrafa enche o balão” (PP51).

“O balão encheu porque entra ar para o seu interior” (PS16).

“O balão encheu porque se colocou água quente e o ar saiu para o balão” (PS18)

“O balão enche com a entrada do ar quente que está dentro da garrafa e que vai ascendendo à medida que vai aquecendo” (PT25)

“O balão enche porque há a libertação de gás, uma vez que a temperatura do ar no interior da garrafa aumentou” (PT51).

Relativamente à subcategoria C2, analisando o conteúdo das explicações nela inseridas, nota-se que se recorre ao conceito de densidade para justificar o aumento de volume do balão (o ar existente dentro da garrafa, ao ser aquecido, fica mais leve/menos denso e sobe). Contudo, no caso de algumas respostas, a relação causal estabelecida entre a temperatura da água, o aquecimento do ar e a consequente diminuição da densidade suporta-se em concepções alternativas, o que é visível pela indiferenciação quer entre densidade e peso do ar, quer entre ar quente e vapor de água. A subcategoria C2 pode sintetizar-se do seguinte modo:

Aumento de temperatura da água → aquecimento do ar da garrafa → diminuição da densidade do ar → subida do ar e enchimento do balão

A análise dos dados do quadro 25 permite constatar que os professores do 1º ciclo são os que em maior número (15 docentes) sugerem explicações elaboradas com estas características, por parte dos alunos desse nível de ensino, enquanto que os professores dos outros dois níveis de ensino seguintes (2º e 3º ciclos) fazem-no em menor número (três e cinco docentes, respectivamente). Expõem-se, seguidamente, alguns exemplos ilustrativos de respostas apresentadas pelos professores e inseridas nesta subcategoria:

“Porque o ar quente é mais leve e sobe” (PP24).

“O ar frio passa a ar quente, este fica mais leve, sobe e enche o balão” (PP34).

“Ao introduzir-se a garrafa num recipiente com água muito quente, vai provocar um aquecimento no ar que está no interior da garrafa. O aquecimento do ar vai provocar que o ar suba e ao subir vai ocupar o espaço que estava livre no balão. O ar sobe porque o ar quente é mais leve e naturalmente sobe”(PS4).

“Porque o ar a temperaturas mais elevadas torna-se mais leve e sobe” (PS28).

“O ar quente da garrafa aquece quando entra em contacto com a água muito quente. Esse ar vai subir, pois fica mais leve. Assim, ao subir, vai encher o balão” (PT16).

“O balão enche porque o ar quente é menos denso que o ar frio. Então sobe e enche o balão, tal como os balões de ar quente” (PT53).

Em relação à subcategoria C3, as explicações nela incluídas recorrem ao conceito de pressão, estabelecendo-se uma relação causal, também muito directa, entre o efeito da temperatura da água (aquece o ar da garrafa), a alteração do comportamento do ar contido na garrafa (aumenta a pressão) e o conseqüente enchimento do balão (o ar aquecido vai para o balão). Contudo, não esclarecem como se processa e a que se deve, de facto, esse aumento de pressão. A referida subcategoria (C3) pode esquematizar-se como se segue:

Aumento de temperatura da água → aquecimento do ar da garrafa → aumento de pressão dentro da garrafa → enchimento do balão.

Pela observação dos dados que o quadro 25 inclui, os docentes do 3º ciclo (7 docentes) e um docente pertencente ao subgrupo do 1º ciclo, foram os únicos que consideraram que, para explicar o enchimento do balão, os alunos formulariam explicações usando esta ideia. As citações seguintes ilustram as explicações classificadas na subcategoria C1:

“A pressão do ar quente enche o balão” (PP30).

“O aumento da temperatura faz aumentar a pressão dentro da garrafa que tende a fazer com que o ar da garrafa se escape, fazendo encher o balão” (PT21)

No caso da subcategoria C4, nas respostas que os professores dão, sobressai, como ideia geral, a dilatação do ar como principal causa do enchimento do balão. Se algumas explicações pormenorizam como se processa o fenómeno da dilatação do ar (ainda que não entrem na especificidade da constituição do ar), mencionando a ocupação de mais espaço (dilata-se/expandem-se) e o conseqüente aumento da pressão, exercida pelo ar, outras respostas, porém, apenas mencionam o conceito, não clarificando de que forma se processa ou em que consiste.

Refira-se, ainda, que algumas respostas mencionam o aumento de volume do ar, dentro da garrafa (o ar aquecido aumenta de volume), como causa principal do enchimento do balão, o que revela que confundem e/ou não distinguem dois aspectos, designadamente: a ocupação de mais espaço, por parte do ar (as partículas afastam-se mais umas das outras), e a quantidade de ar, existente dentro da garrafa (o número de partículas mantém-se). Assim, dado o contexto em que a resposta é fornecida, presume-se que, em alguns casos, embora se pretendam referir à “falta de espaço”, por parte do ar, quando é aquecido, fazem-no a pensar no aumento de volume e não no aumento da quantidade de ar, dentro da garrafa. A subcategoria C4 pode ser resumida como se segue:

Aumento da temperatura → aquecimento do ar contido na garrafa → dilatação do ar e ocupação de mais espaço → enchimento do balão.

De acordo com os dados inseridos no quadro 25, é constatável o número de professores que emitem esta opinião, à medida que se passa do 3º para o 1º ciclo. Assim, dos 29 professores que têm esta opinião, acerca das explicações que os alunos deveriam dar, são os professores do 3º ciclo os que, em quantidade mais considerável, defendem que os alunos deveriam recorrer a esta ideia para explicar o fenómeno em causa (13 professores), reduzindo, acentuadamente, o número de docentes portadores desta opinião, quer no 2º ciclo (11 professores), quer no 1º ciclo (cinco professores). Apresentam-se, seguidamente, alguns exemplos das respostas incluídas nesta subcategoria, representativas desta forma desejável, para alguns professores, de explicar o fenómeno em causa:

“O ar aquecido aumenta de volume” (PP1).

“Porque o ar sofre de dilatação com o calor e não cabendo totalmente na garrafa, terá de ir para o balão”(PP37).

“Com o calor da água o ar dilatou e encheu um pouco o balão” (PS33).

“O ar presente na garrafa, em presença dum aumento de temperatura, “aumenta o seu volume” e vai encher o balão, procurando espaço” (PS39).

“O balão começa a encher quando a garrafa é colocada em água quente porque o ar que se encontra no seu interior expande-se com o aquecimento” (PT17).

“Deve saber que a garrafa está cheia de ar e que o calor dilata os corpos. Sofrendo o ar dilatação, o seu volume aumenta e vai ocupar espaço no balão, enchendo-o” (PT40).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

No caso das 20 explicações classificadas como interpretativas, e todas elas pertencentes ao subgrupo de professores do 3º ciclo, ainda que todas se baseiem num modelo e refiram a constituição do ar, encerram, todavia, diferentes ideias, no que respeita à completude com que recorrem a esse modelo. Deste modo, foi possível formar três subcategorias (I1, I2 e I3) que são apresentadas no quadro 26.

Quadro 26

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão (n=20)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=0)	3º C (n=20)
I1: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento do número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, estas separam-se mais umas das outras, ocupando mais espaço dentro da garrafa.	—	—	12
I2: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento no número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, passa a ser maior a pressão do ar dentro da garrafa.	—	—	5
I3: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento no número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, afastam-se umas das outras, sendo maiores o espaço que ocupam e a pressão que exercem dentro da garrafa.	—	—	3

Assim, quanto à subcategoria I1, as explicações que nela se incluem, embora mencionem o aumento do número de colisões entre as partículas constituintes do ar, provocado pelo aquecimento deste, centram-se, sobretudo, na dilatação do ar, dentro da garrafa. Há, de facto, a noção da existência de espaços vazios entre as partículas constituintes do ar que, por aquecimento, se afastam umas das outras, aumentando esses espaços e sendo, por isso, necessário haver mais espaço para a mesma quantidade de ar. Daí, o balão encher.

A subcategoria I1 pode resumir-se da seguinte forma:

Aumento de temperatura → aquecimento do ar dentro da garrafa → maior agitação dos corpúsculos → aumento do número de colisões dos corpúsculos → ocupação de mais espaço, por parte do ar, dentro da garrafa → enchimento do balão.

Através dos dados que o quadro 26 apresenta, é possível constatar que somente 12 docentes (3º ciclo) admitem que os alunos deveriam recorrer a explicações com estas características, para justificar o aumento de volume do balão. Algumas das respostas que se seguem, podem ilustrar a ideia geral, patente nas explicações incluídas em I1:

“Como o ar contido no interior da garrafa está nas mesmas condições do ar exterior, então o balão não enche, mas quando o interior é aquecido, pois as paredes da garrafa tornam o sistema fechado, há passagem de energia sob a forma de calor para o interior, logo a mobilidade das partículas gasosas aumenta, o ar expande-se, enchendo assim o balão que por ser material elástico enche” (PT19).

“Os corpúsculos do ar estão em constante movimento e agitam-se mais quanto maior for a temperatura a que estiverem sujeitos. Se se agitam mais, ocupam mais espaço e por isso o volume aumenta” (PT52).

No que respeita à subcategoria seguinte (I2), de acordo com a ideia expressa pelos professores nas respostas que deram, os alunos também, neste caso, baseariam as suas explicações em entidades teóricas, mais concretamente, refeririam as partículas (corpúsculos) constituintes do ar e respectivo comportamento, quando sujeitos ao aumento de temperatura, acrescentando, ainda, a forma como o aumento do número de colisões afecta o enchimento do balão (aumento de pressão). Assim, a ideia geral é que o ar que está dentro da garrafa é formado por partículas; entre essas partículas há espaços vazios; colocando-se a água quente, ocorre um aumento da agitação dessas partículas, fazendo com que exerçam maior pressão dentro da garrafa; como o único escape é o balão, este acaba por encher. É possível sintetizar esta ideia geral, através da seguinte expressão:

Aumento de temperatura → aquecimento do ar dentro da garrafa → maior agitação dos corpúsculos → aumento do número de colisões dos corpúsculo → aumento da pressão do ar dentro da garrafa → enchimento do balão.

Observando, ainda, os resultados expressos no quadro 26, vê-se que são cinco os professores pertencentes ao 3º ciclo que admitiram que esta forma de explicar seria utilizada por alunos desse

nível de ensino. Transcrevem-se, de seguida, dois exemplos de respostas classificadas em I1, a título ilustrativo:

“Quando a garrafa é colocada num recipiente com água muito quente, o ar contido na garrafa vai aquecer. Os corpúsculos do ar aquecido ficam mais agitados, fazendo uma pressão maior sobre as paredes da garrafa e, conseqüentemente, enchendo o balão” (PT33).

“Aumenta a temperatura em água quente, fazendo com que a agitação corpuscular também aumente. Os corpúsculos constituintes do ar, agora, mais agitados, colidem mais uns com os outros e com as paredes do recipiente, exercendo uma força. Esta força será a pressão exercida pelos corpúsculos constituintes do ar, fazendo com que o balão encha” (PT44).

Quanto à última subcategoria (I3), formada, de igual modo, para agrupar explicações classificadas como interpretativas, é uma subcategoria que inclui apenas três respostas que contêm uma ideia mais completa. Assim, associado à especificidade do ar que referem (tal como em I1 e em I2), relacionam também, o aumento de pressão e a ocupação de mais espaço, por parte do ar, considerando que ambos são resultantes da maior agitação corpuscular que, por sua vez, ocorreu devido ao aquecimento do ar, existente dentro da garrafa. Há, contudo, que ter em conta algumas respostas que, embora mencionem a teoria cinético-corpuscular da matéria, não pormenorizam nada mais, no que respeita à forma como o fenómeno se processa. Mesmo assim, dado o contexto em que as respostas são produzidas, presume-se que os respondentes pretendem basear as explicações que fornecem no modelo respectivo, pelo que foram, igualmente, inseridas nesta subcategoria. Esta subcategoria pode esquematizar-se como se segue:

Aumento de temperatura → aquecimento do ar dentro da garrafa → agitação/aumento do número de colisões dos corpúsculos → ocupação de mais espaço, por parte do ar, dentro da garrafa → aumento da pressão do ar → enchimento do balão.

Apresentam-se, de seguida, a título ilustrativo, duas das três respostas dadas pelos referidos docentes:

“Aumentando a temperatura de um gás provoca-se um aumento da agitação das partículas do gás. O número de choques aumenta e a pressão, como consequência, aumenta. Se o gás puder aumentar o seu volume, ele irá expandir-se” (PT6).

“O aumento de temperatura do ar provoca uma dilatação do seu volume, aumentando o grau de agitação das partículas, o que faz com que a pressão exercida pelo ar no interior da garrafa aumente e esse aumento de pressão manifesta-se enchendo o balão, uma vez que este é elástico” (PT24).

4.3.4.3. *Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão*

No que respeita à questão 4.3 do questionário, pretendia-se que os professores (137 professores) que tinham considerado que os alunos deveriam ser capazes de formular uma explicação para o fenómeno em causa, se manifestassem quanto à completude dessa mesma explicação.

Os resultados da análise das respostas dadas pelos referidos docentes encontram-se disponíveis na tabela 21 e são reveladores de que é maioritária (107 docentes – 78.1%) a quantidade dos indivíduos que considera completas essas explicações.

Tabela 21

Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para o aumento de volume do balão

Concordância dos professores com a explicação dos alunos	Professores do 1º ciclo (n=50)		Professores do 2º ciclo (n=36)		Professores do 3º ciclo (n=51)		Total de professores (n=137)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é completa	48	96.0	28	77.8	31	60.8	107	78.1
não é completa	2	4.0	8	22.2	18	35.3	28	20.4
não respondeu	—	—	—	—	2	3.9	2	1.5

Somente um quinto dos docentes considerados (28 docentes – 20.4%) admite como incompletas as explicações que os alunos deveriam dar e apenas dois docentes do 3º ciclo não deram opinião acerca do grau de completude das explicações que consideraram, anteriormente, que os alunos deveriam ser capazes de elaborar.

Em relação a cada um dos três subgrupos de professores (1º, 2º e 3º ciclos), destaca-se quer o 1º ciclo, por ser o subgrupo que inclui mais indivíduos (48 docentes – 96.0%) a considerarem completas as respostas que os alunos deveriam ser capazes de dar, quer o 2º ciclo, por ser o subgrupo que integra o menor número de elementos (28 docentes – 77.8%) a considerá-las como explicações suficientes. Assim sendo, aumenta o número de docentes que considera incompletas as explicações que os alunos deveriam construir, à medida que se passa para o subgrupo academicamente mais avançado, ou seja, do 1º para o 3º ciclos (dois, oito e 18, respectivamente).

4.3.4.4. Explicação que os professores consideram completa para fundamentar o aumento de volume do balão

Centrando-nos, agora, nos 28 professores que consideraram incompletas as explicações que os alunos deveriam ser capazes de dar, solicitou-se-lhes, ainda na questão 4.3 do questionário, que apresentassem, eles próprios, a explicação que considerariam como sendo a mais adequada para justificar o enchimento do balão. As informações que se obtiveram através da análise às respostas dos professores, descrevem-se na tabela 22.

Tabela 22
Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão (n=28)

Tipos de explicação que os professores consideram completas	Professores do 1º ciclo (n=2)	Professores do 2º ciclo (n=8)	Professores do 3º ciclo (n=18)	Total de professores (n=28)	
	f	f	f	f	%
Descritivo	—	1	1	2	7.1
Causal	2	5	8	15	53.6
Interpretativo	—	1	7	8	28.6
Não respondeu	—	1	2	3	10.7

Assim, dos referidos 28 docentes, apenas 25 docentes formulam as suas próprias explicações, consideradas por eles como as mais completas, pois, três docentes, incluídos no subgrupo do 3º ciclo, não apresentaram nenhuma explicação para o fenómeno em causa, apesar de, anteriormente, terem admitido como insuficiente a explicação que apresentaram como sendo a que os alunos do 3º ciclo deveriam dar.

No que respeita à natureza das explicações dadas pelos professores para o enchimento do balão, só no subgrupo de docentes do 3º ciclo foi possível identificar três tipos de explicação (descritivo, causal e interpretativo). Nos outros dois subgrupos (1º e 2º ciclos), apenas se identificaram, respectivamente, um tipo de explicação (tipo causal) e dois tipos de explicação (tipo descritivo e tipo causal). As subcategorias formadas para cada um destes três tipos de explicação identificados nas respostas dadas pelos professores, foram as seguintes:

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Quanto às explicações apresentadas pelos professores como sendo explicações completas e classificadas como descritivas, somente se formou a subcategoria D1 (quadro 27), já apresentada,

anteriormente, no quadro 24, a propósito das explicações que os professores consideravam que os alunos deveriam ser capazes de formular. Conforme os dados inseridos no quadro 27, só um professor do 1º ciclo e outro do 2º ciclo consideraram como completas explicações com estas características. Expõem-se, seguidamente, essas respostas, a título ilustrativo:

“O ar, quando submetido a aquecimento, sobe” (PS13)

“Dentro da garrafa existe ar (substância gasosa) a uma determinada temperatura. Ao aquecer o ar a temperatura aumenta; logo, o ar quente sobe e o frio desce” (PT34)

Quadro 27

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão (n=2)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=1)	3º C (n=1)
D1: dentro da garrafa existe ar; a temperatura da água quente provoca aquecimento da garrafa/do ar da garrafa; esse ar quente passa para o balão e este enche;	—	1	1

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

No que concerne às 15 respostas dadas pelos próprios professores, consideradas por eles como as mais adequadas e identificadas por nós como envolvendo explicações do tipo causal, foi possível formar as quatro subcategorias (C1, C2, C3 e C4), já referidas em 4.3.4.2. (quadro 24) e que se expõem, novamente, no quadro 28.

Quadro 28

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão (n=15)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=5)	3º C (n=8)
C1: dentro da garrafa existe ar; com a água quente esse ar aquece e aumenta de pressão; vai para o balão e ele enche;	—	—	1
C2: dentro da garrafa existe ar; com a água quente esse ar aquece; ao aquecer fica mais leve e menos denso, sobe para o balão e ele enche;	1	2	1
C3: dentro da garrafa existe ar; a água quente aquece esse ar; esse ar ao ser aquecido, expande-se/dilata-se; fica a ocupar mais espaço, vai para o balão e ele enche	1	3	4
C4: dentro da garrafa existe ar que é constituído por corpúsculos; a água quente provoca aquecimento do ar existente dentro da garrafa e, conseqüentemente, a agitação dos corpúsculos.	—	—	2

Quanto a C1, o quadro 28 mostra que apenas um docente do 3º ciclo forneceu uma resposta passível de ser incluída nesta subcategoria. A título ilustrativo, apresenta-se essa mesma resposta que o professor indicou como sendo uma explicação completa para o fenómeno em questão:

“O aquecimento do ar da garrafa provoca um aumento de pressão do mesmo; como o sistema é fechado, provoca o enchimento parcial do balão” (PT30).

Relativamente às explicações apresentadas pelos próprios professores como completas e integradas na subcategoria C2, as mesmas reflectem a ideia de que o ar, depois de aquecido, se torna “mais leve e menos denso”, fazendo com que o balão encha. Pela observação do quadro 28, verifica-se que um docente no 1º ciclo, dois docentes no 2º ciclo e um docente no 3º ciclo produziram respostas passíveis de serem classificadas nesta subcategoria.

As seguintes respostas são exemplos ilustrativos das respostas classificadas na subcategoria C2:

“Também há o fenómeno de o ar ao aquecer, tornar-se mais leve e haver a elevação do mesmo. É o caso dos balões que têm um dispositivo de aquecimento. Também, na natureza, devido ao aquecimento e arrefecimento do ar se originam os ventos, as brisas, correntes de ar” (PP37).

“O ar quente é mais leve que o ar frio e, deste modo, faz com que o balão encha” (PS25).

“Já deveriam ter a noção de que o ar “quente” é menos denso que o ar “frio”; a água quente torna o ar menos denso que irá ascender” (PT50).

Das 15 respostas dadas pelos próprios professores, classificadas como explicações causais, a subcategoria C3 inclui as explicações de oito docentes (mais de metade), especificamente, um docente do 1º ciclo, três docentes pertencentes ao 2º ciclo e quatro docentes do 3º ciclo. Todos eles apresentam estas explicações, como sendo a que eles consideram completas, recorrendo ao seguinte raciocínio: o ar existente dentro da garrafa, ao ser aquecido, dilata-se/expande-se e, passando a ocupar mais espaço, acaba por encher o balão. O número de docentes que apresentam explicações desta natureza, como completas, aumenta do 1º para o 3º ciclos. A fim de ilustrar o raciocínio que estas explicações envolvem, apresentam-se as seguintes respostas de docentes dos três níveis de ensino considerados no estudo:

“Os corpos dilatam com o aumento de temperatura” (PP17).

“Ao introduzir a garrafa numa tina com água quente, o ar da garrafa aquece, aumenta de volume e passa para o interior do balão” (PS16).

“Porque o ar que estava dentro da garrafa foi aquecido e aumentou de volume devido a ficar menos denso e fez o ar subir para o balão” (PS18).

“Aumentando a temperatura de um gás, para a mesma pressão, o seu volume aumenta” (PT4).

“Com o aumento da temperatura há dilatação de volume; o ar dentro da garrafa com o aumento da temperatura dilata e enche o balão” (PT28).

No caso de C4, depois de analisar as respostas que os docentes apresentaram e consideraram como explicações completas, para justificar o aumento de volume do balão, verificou-se que somente as respostas de dois professores, pertencentes ao 3º ciclo, puderam ser incluídas nesta subcategoria. Essas respostas expõem-se, seguidamente, a título ilustrativo:

“O aumento de temperatura aumenta a agitação das partículas” (PT1)

“Porque o ar aquecido move-se mais rapidamente para o balão, havendo assim um maior número de colisões nas paredes do balão” (PT7).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

No que respeita às respostas dadas pelos professores, consideradas por eles como explicações completas e que se classificaram como interpretativas, as ideias nelas presentes apenas permitiram integrá-las em duas (I1 e I2) das três subcategorias constituídas anteriormente (em 4.3.4.4, no quadro 25), para as respostas identificadas neste tipo de explicação (quadro 29).

Quadro 29

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os professores consideram completas para fundamentar o aumento de volume do balão (n=8)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=1)	3º C (n=7)
I1: dentro da garrafa tem ar; esse ar é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento do número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, estas separam-se mais umas das outras, ocupando mais espaço dentro da garrafa.	—	1	1
I2: dentro da garrafa tem ar; esse ar é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento no número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, passa a ser maior a pressão do ar dentro da garrafa.	—	—	6

Assim, relativamente à subcategoria I1, pelos dados que o quadro 29 apresenta, constata-se que só dois docentes, um pertencente ao 2º ciclo e um outro membro do subgrupo do 3º ciclo,

apresentaram explicações que, pela ideia que encerram (aquecimento do ar, aumento do número de colisões entre os corpúsculos, ocupação de mais espaço), foram inseridas na referida subcategoria (I1). As respostas dadas por cada um dos referidos docentes, respeitantes a cada um dos dois níveis de ensino (2º e 3º ciclos), são as seguintes:

“Para responder o aluno deveria ter conhecimento da “Teoria corpuscular da matéria”: as partículas do ar ao aquecerem-se dilatam-se e como o ar quente se torna mais leve, sobe e vai encher o balão” (PS42).

“A energia cinética dos corpúsculos constituintes do ar existente na garrafa aumenta com o aumento da temperatura, ocupando um volume superior” (PT55).

A outra subcategoria (I2) agrupa explicações também classificadas como interpretativas, mas cuja ideia principal se centra na articulação entre o aquecimento do ar, o aumento do número de colisões entre os corpúsculos e o aumento de pressão, dentro da garrafa. Foram seis os professores incluídos no 3º ciclo, que deram respostas com estas características e das quais se passa a apresentar duas, a título ilustrativo:

“Segundo a teoria cinética corpuscular, a temperatura elevada provoca um aumento da agitação dos corpúsculos fazendo aumentar a pressão do ar contido na garrafa e faz encher o balão” (PT12).

“A temperatura elevada vai provocar a agitação dos corpúsculos que ao movimentarem-se vão exercer pressão no balão, fazendo-o encher” (PT47).

4.3.5. Situação 5: Água e funil

4.3.5.1. Opinião dos professores acerca da possibilidade de os alunos explicarem a retenção de alguma água dentro do funil

Em relação à quinta e última situação problemática, constante do questionário aplicado aos docentes e que a figura 29 representa, trata-se de uma situação que tem a ver com um funil, encaixado no gargalo de uma garrafa e dentro do qual se coloca água, depois de se vedar com plasticina a junção do gargalo com o funil, de forma a impedir a entrada e a saída de ar, por entre a garrafa e o funil. Tal como se constatou nas situações problemáticas anteriores, também no caso desta situação problemática, era pretensão da questão 5.1 do questionário conhecer o que pensavam os professores acerca de os alunos, dos anos terminais dos três ciclos do Ensino Básico (4º, 6º e 9º

anos), conseguirem, ou não, construir uma explicação para a retenção de alguma água, dentro do funil.

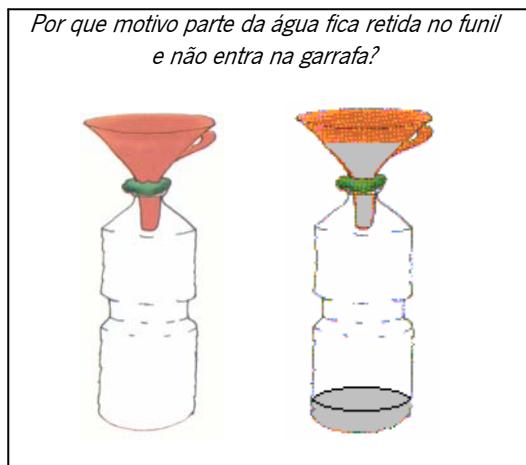


Figura 29: Situação problemática 5

Procedendo-se à análise das respostas dadas pelos professores, obtiveram-se resultados que constam da tabela 23 e que são reveladores de que nenhum professor, de nenhum dos três níveis de ensino considerados, deixou de assinalar a sua opinião acerca do assunto sobre o qual foi questionado.

Tabela 23

Opinião dos professores quanto aos alunos serem (ou não) capazes de formular uma explicação para a retenção de parte da água dentro do funil

Opinião dos professores	Professores do 1º ciclo (n=55)		Professores do 2º ciclo (n=55)		Professores do 3º ciclo (n=55)		Total de professores (n=165)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é capaz de explicar	41	74.5	38	69.1	39	70.9	118	71.5
não é capaz de explicar	14	25.5	17	30.9	16	29.1	47	28.5
não respondeu	—	—	—	—	—	—	—	—

Nota-se, também que, se por um lado um elevado número de professores (cerca de dois terços) admite que os alunos seriam capazes de formular uma explicação para a retenção da água no funil (118 docentes – 71.5%), por outro lado resta, ainda, um considerável número de docentes (cerca de um terço) que os considera incapazes de o fazer (47 docentes – 28.5%).

Comparando os dados que têm vindo a ser apresentados, respeitantes a cada uma das cinco situações problemáticas, nota-se que entre as cinco situações problemáticas incluídas no presente

estudo, esta é aquela em que um maior número de professores considera os alunos incapazes de elaborarem uma explicação para o fenómeno em questão.

Confrontando os resultados obtidos, em cada um dos três subgrupos de docentes, verifica-se que, embora muito próximos, continuam a ser os elementos do 1º ciclo os que, em maior número, acreditam na possibilidade de os alunos construírem uma explicação para a retenção da água, dentro do funil (41 docentes – 74.5%), seguidos dos professores do 3º ciclo (39 docentes – 70.9%).

4.3.5.2. *Explicação que, na opinião do professor, os alunos deverão ser capazes de formular para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil*

Na sequência das respostas dadas pelos docentes, quanto à “obrigação” de os alunos explicarem (questão 5.1 do questionário), surge a questão 5.2 do questionário, cuja finalidade era permitir acesso às explicações que os professores (neste caso, 118 professores) admitem que os alunos deveriam ser capazes de formular.

No que concerne a este aspecto, a análise das respostas dadas pelos referidos 118 professores facultou-nos informações que a tabela 24 expõe e que nos revelam uma acentuada assimetria no que se refere à presença e à distribuição dos tipos de explicação identificados, nas respostas apresentadas pelos professores. Apenas se identificou uma resposta de um professor do 1º ciclo que, dada a sua incompreensão, se incluiu na categoria “respostas incompreensíveis”.

Tabela 24

Características das explicações que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil

Tipos de explicação	Professores do 1º ciclo (n=41)		Professores do 2º ciclo (n=38)		Professores do 3º ciclo (n=39)		Total de professores (n=118)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	8	19.5	3	7.9	4	10.3	15	12.8
Causal	32	78.1	34	89.5	35	89.7	101	85.6
Interpretativo	—	—	1	2.6	—	—	1	0.8
R. incompreensíveis	1	2.4	—	—	—	—	1	0.8

No conjunto de todas as explicações facultadas pelos professores, como sendo as que os alunos deveriam ser capazes de formular para justificar o facto de alguma água contida dentro do funil, não passar para dentro da garrafa, sobressai um elevado número de professores (101 professores) que são de opinião que os alunos utilizariam explicações do tipo causal. A contrastar com este número

maioritário, surge um reduzido número de docentes, segundo os quais os alunos deveriam elaborar explicações do tipo descritivo (15 professores), havendo um só professor do 2º ciclo que defende o uso de explicações interpretativas, por parte dos alunos.

Embora os três subgrupos de docentes admitam que os alunos privilegiariam o uso de explicações causais (101 professores), em relação às explicações descritivas (15 docentes), são os professores pertencentes ao 1º ciclo os que em maior número (mais de metade) defendem o uso das explicações descritivas por parte dos alunos (oito professores), reduzindo-se esse número para quatro docentes, no grupo de docentes do 3º ciclo e para três docentes, no subgrupo de professores do 2º ciclo.

Analisando as 117 explicações respostas compreensíveis, consideradas pelos professores como sendo as que os alunos deveriam dar para a situação em questão, constituíram-se as seguintes subcategorias de resposta:

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

No que respeita às 15 explicações apresentadas pelos professores como as que os alunos deveriam formular e que foram classificadas como descritivas, constituíram-se duas subcategorias, designadamente: D1 e D2, as quais se apresentam no quadro 30.

Quadro 30

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil (n=15)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=8)	2º C (n=3)	3º C (n=4)
D1: a plasticina está a bloquear a entrada do ar; sem ar a água não entra.	4	3	2
D2: a plasticina está a bloquear/apertar; impede a entrada da água.	4	—	2

As respostas agrupadas na subcategoria D1 centram-se na plasticina que impossibilita a entrada de ar que consideram ser necessária à entrada da água. Assim sendo, as explicações que, segundo os professores, os alunos formulariam, reflectem, de certa forma, uma analogia com as necessidades dos seres vivos e envolvem a atribuição. ao fenómeno em questão, de características

próprias dos mesmos, pois a passagem da água para dentro da garrafa é encarada como um fenómeno idêntico aos fenómenos vitais dos seres vivos, para a realização dos quais é imprescindível a existência de ar e/ou oxigénio: a água não passa porque não entra ar. Assim, D1 pode ser esquematizada conforme se segue:

Plasticina impede entrada de ar na garrafa → a água não entra.

Pelas informações descritas no quadro 30, infere-se que apenas nove docentes, distribuídos pelos três níveis de ensino, consideraram que os alunos interpretariam a ocorrência do fenómeno com recurso a explicações com estas características, notando-se maior incidência desta opinião nos professores do 1º ciclo (quatro professores) e uma redução progressiva à medida que se avança no nível de ensino (três e dois docentes, respectivamente). Apresentam-se, a título ilustrativo, alguns exemplos de respostas que reflectem esta forma de explicar:

“Com a plasticina no gargalo é impedido que o ar entre e possibilite que a água passe com facilidade” (PP7).

“Porque a plasticina não deixa que o ar entre e ajude a água a entrar na garrafa” (PP51).

“Porque não tem ar” (PS30).

“A água não desce devido à falta de ar” (PS50).

“A água não passa porque para que a água passe toda é necessário tirar a plasticina e levantar o funil; assim ela cai devido à força da gravidade” (PT35).

“Não há entrada de ar para a garrafa, portanto, a água não entra” (PT39).

Quanto à outra subcategoria (D2) que inclui também explicações identificadas como sendo do tipo descritivo, a ideia principal também se centra na plasticina, mas, neste caso, por esta estar a impedir a entrada da água. Assim, evidencia-se uma estreita relação entre o que observam (a água não passa depois de colocar a plasticina) e o conhecimento que têm das suas vivências diárias (corpos sólidos não se deixam atravessar pela água). Ainda que a plasticina esteja colocada no exterior, fora do contacto com a água, atribuem a retenção, de alguma água no funil, às características da plasticina, nomeadamente, tratar-se de um corpo sólido e impermeável.

A ideia principal presente nestas explicações pode resumir-se do seguinte modo:

A plasticina bloqueia a passagem da água → a água não entra para a garrafa.

Os dados incluídos no quadro 30 evidenciam que somente alguns professores dos 1º (quatro docentes) e 3º ciclos (dois docentes) referiram esta forma de explicar o fenómeno em questão, como sendo a forma de que os alunos se serviriam. Apresentam-se, como ilustração desta forma de explicar, os seguintes exemplos de respostas:

“Porque um corpo sólido impede a passagem da água” (PP3).

“A plasticina representa um solo impermeável que não se deixa atravessar pela água; logo, a água fica retida no funil e não entra na garrafa” (PP18).

“O aluno dirá que o ar atmosférico não “empurra” o líquido porque a sua entrada está vedada” (PT1).

“Porque a plasticina não deixa passar a água” (PT7)

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

No caso das 101 explicações que foram classificadas como causais e que os professores consideraram que os alunos formulariam para explicar a retenção de parte da água no funil, houve necessidade de se constituírem várias subcategorias, devido à diversidade de ideias encontradas nas respostas dadas. Assim, tendo em conta o conceito a que recorrem e que relacionam com o fenómeno em questão, formaram-se cinco subcategorias (quadro 31), especificamente: o ar ocupa espaço (C1), o ar comprime-se até certo ponto, mas continua a ocupar espaço (C2), o ar exerce pressão (C3), o ar, ao comprimir-se, diminui de volume e aumenta a pressão (C4). Para os casos em que é referido o ar como a principal causa do fenómeno em questão, mas sem se clarificar, explicitamente, a forma como o mesmo actua no interior da garrafa, criou-se uma outra subcategoria (C5).

Quadro 31

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil (n=101)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=32)	2º C (n=34)	3º C (n=35)
C1: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço; a água fica sem espaço na garrafa e não consegue entrar	12	18	9
C2: dentro da garrafa tem ar, o ar é um corpo que ocupa espaço; ao deitar a água no funil o ar da garrafa comprime-se, mas só até certo ponto; por isso, mesmo comprimido, continua a ocupar espaço; logo, a água fica sem espaço	—	2	3
C3: a garrafa tem ar; esse ar não pode sair devido à plasticina; esse ar como não sai, exerce pressão sobre a água e esta não entra	5	3	7
C4: dentro da garrafa tem ar que não consegue sair devido à plasticina; o ar sob pressão comprime-se; ao deitar a água no funil, o ar da garrafa comprime-se, diminui de volume e aumenta a pressão	—	—	3
C5: dentro da garrafa tem ar; para a água entrar esse ar teria de sair; como a plasticina impede a saída do ar, este não deixa a água entrar	15	11	13

Na subcategoria C1, inserem-se as respostas que os professores consideram que seriam as que os alunos deveriam ser capazes de dar e que, estabelecendo uma relação causal, relacionam o conceito de espaço/volume ocupado pelo ar dentro da garrafa, com o facto de a água não conseguir passar, na totalidade, para dentro da garrafa. Mesmo não especificando a constituição do ar, têm, contudo, subjacente a ideia de que o ar é um corpo que ocupa determinado espaço e usam-na para explicar que a garrafa não poderá ser preenchida por nenhum outro corpo, neste caso, a água. Embora, em algumas das explicações formuladas os alunos não esclareçam de que ar se trata, subentende-se, todavia, que se referem ar ao existente dentro da garrafa. A referida subcategoria (C1) pode sintetizar-se através da seguinte expressão:

A garrafa tem ar → esse ar ocupa espaço/lugar/volume → a água não entra.

Conforme é visível pelos dados expostos no quadro 31, esta forma de explicar o fenómeno em questão foi identificada nas respostas dadas por 39 professores, pertencentes aos três níveis de ensino, como correspondendo às explicações que eles consideraram que os alunos deveriam ser capazes de formular. Contudo, evidencia-se um maior número de docentes portadores desta opinião nos subgrupos que trabalham com alunos mais jovens, nomeadamente, o 1º ciclo (12 professores) e o 2º ciclo (18 professores), pois o subgrupo do 3º ciclo somente inclui nove professores que manifestam esta opinião, acerca das explicações que os alunos deveriam construir. Como exemplo das explicações que se incluem na subcategoria C1, apresentam-se as seguintes respostas:

“O ar ocupa espaço e não tendo por onde sair, não deixa entrar a água” (PP11).

“A plasticina não permite a saída e entrada do ar. Assim, o ar existente na garrafa, como ocupa espaço, não permite a entrada de água” (PP13).

“Porque não pode ocupar o espaço do ar que está retido na garrafa” (PS19).

“O ar que ocupa o interior da garrafa não deixa a água entrar” (PS47).

“Porque o ar que está no interior da garrafa não consegue sair, ocupando quase todo o espaço no interior da garrafa” (PT18).

“O ar ocupa espaço. Se a garrafa está cheia de ar, não fica espaço para a água e ela não entra (PT52).

No caso da subcategoria C2, as cinco explicações nela agrupadas revelam mais complexidade de raciocínio do que o usado na subcategoria anterior, na medida em que, além de referirem a ocupação de espaço por parte do ar, dentro da garrafa, como causa principal da não descida da água, ainda acrescentam que, sendo ele sujeito a uma compressão, devido ao facto de, ao colocar-se a água

no funil, alguma entrar na garrafa, há uma modificação do comportamento desse ar, especificamente, uma diminuição de volume, ainda que ele lá continue a ocupar espaço, dado que essa compressibilidade tem limites.

É possível resumir, do seguinte modo, o raciocínio que esta forma de explicar envolve:

O ar existente dentro da garrafa ocupa espaço → deitando a água no funil, entra alguma água → o ar existente dentro da garrafa comprime-se → o ar continua a ocupar espaço → a água não entra toda.

Com base nos resultados apresentados, ainda no quadro 31, constata-se que no subgrupo do 1º ciclo nenhum professor admitiu que os alunos seriam capazes de construir uma explicação recorrendo a esta ideia e apenas cinco docentes, distribuídos pelos outros dois níveis de ensino (2º e 3º ciclos), consideraram que os alunos deveriam explicar o fenómeno desta forma (dois e três, respectivamente).

A título ilustrativo, expõem-se algumas das referidas explicações correspondentes a respostas incluídas na categoria C2:

“A água não continua a cair para dentro da garrafa porque o ar não consegue sair para poder entrar mais água. Entrou alguma água porque o ar tem a capacidade de se “encolher” (PS1).

“À medida que a água vai entrando na garrafa (que tem ar), o ar vai sendo comprimido (uma vez que ele não pode sair devido à plasticina que tapou o gargalo), até que ocupa todo o espaço existente, não permitindo que entre a restante água” (PS36).

“Como o ar se contrai deixa a água entrar mas ocupa espaço, logo não deixa a água toda entrar” (PT27).

“Mais uma vez já o aluno deve ter conhecimento que o ar ocupa espaço; este responde que é possível comprimir o gás até certo ponto para que a água consiga entrar alguma na garrafa” (PT45).

O conjunto das respostas incluídas na subcategoria C3 estabelecem, também, uma relação de causa-efeito, ao considerarem a pressão exercida pelo ar como o motivo principal que impede a passagem da água para dentro da garrafa. Algumas respostas apresentam-se como explicações bastante resumidas, mencionando, apenas, a característica do ar (pressão), mas sem explicitarem como e por que actua, dentro da garrafa, nem tão pouco explicitam de que ar se trata. Todavia, no contexto em que a resposta foi dada, parece-nos que se referem à pressão exercida pelo ar existente dentro da garrafa.

A forma de esquematizar a ideia presente nas explicações com estas características, pode ser a seguinte:

Existe ar dentro da garrafa → o ar que não consegue sair exerce pressão → a água não desce para a dentro da garrafa.

Observando os dados presentes no quadro 31, verifica-se que as explicações incluídas na subcategoria C3 são apresentadas em maior número pelos docentes do 3º ciclo (sete professores), seguindo-se os do 1º ciclo (cinco professores) e, em número reduzido, no subgrupo do 2º ciclo (três professores). As seguintes respostas, dadas por professores dos três níveis de ensino, ilustram esta forma de explicar (C3):

“A água fica retida no funil devido à pressão do ar, cuja fuga é evitada pela existência da plasticina” (PP40).
“Porque só entra água suficiente até à permitida pela pressão que o ar da garrafa é capaz de suportar. A partir daí não é possível entrar mais, porque a pressão do ar não permite que isso aconteça” (PP55).

“A água fica retida no funil porque a pressão que exerce é menor do que aquela que o ar que está dentro da garrafa exerce, porque não pode sair” (PS3).
“Porque a plasticina impede de passar (entrar) o ar e o ar existente na garrafa faz pressão e suspende a água no funil, impedindo-a de cair” (PS38).

“Deverá abordar que os corpúsculos do ar contido na garrafa exercem pressão nas paredes internas da garrafa, impedindo que a água do funil seja introduzida no recipiente” (PT8).
“A pressão do ar exercida pelo ar da garrafa é maior que o peso da água do funil” (PT26).

A ideia patente no grupo de explicações integradas em C4, centra-se, também, na pressão exercida pelo ar, acrescentando, ainda, a associação entre a compressão do ar, a sua diminuição de volume e o conseqüente aumento de pressão. Assim, o ar dentro da garrafa ao ser comprimido pelas primeiras gotas da água, diminui de volume, mas aumenta a pressão, sendo este o motivo principal pelo qual não é possível fazer entrar totalmente a água: compressão do ar → diminuição de volume → aumento de pressão. Algumas explicações avançam mesmo, até ao pormenor da constituição do ar. Este conjunto de respostas pode ser esquematizado da seguinte forma:

A garrafa tem ar → ao deitar a água, entra alguma na garrafa e esse ar comprime-se → o ar comprimido diminui de volume → aumenta a pressão dentro da garrafa → a água não desce para a garrafa.

Esta subcategoria só inclui três explicações dadas por professores do 3º ciclo que as consideram como explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular. Transcrevem-se, seguidamente, duas dessas respostas, exemplificativas deste subtipo de explicações:

“A água ao preencher o espaço interior da garrafa, provoca uma diminuição do volume ocupado pelo ar da garrafa e um aumento da pressão, pois o ar é impedido de sair devido à plasticina. Quando o valor da pressão no interior da garrafa iguala à pressão exercida pela água no bico do funil, a água fica impedida de entrar na garrafa” (PT14).

“O aluno deve explicar que como o ar ocupa espaço, entra só uma pequena quantidade de água correspondente à sua compressão, depois a pressão interior é elevada e não permite que entre mais água” (PT40).

Na subcategoria C5 agrupam-se as respostas dadas pelos professores, cuja ideia geral consiste em mencionar, de forma implícita, a actuação do ar que impede a entrada da água na garrafa. Contudo, a função que ele desempenha não é especificada. Está presente, de facto, uma relação causal, mas de forma subentendida, pois, dando os respondentes conta que é devido à presença do ar, dentro da garrafa, que a água não consegue descer, não mencionam, porém, nenhum conceito ou processo inerente ao ar, que esteja na origem deste impedimento.

Esta ideia, subjacente às referidas explicações dos professores e que permitiu inseri-las em C5, pode ser esquematizada como se segue:

Dentro da garrafa existe ar que não pode sair → devido a esse ar a água não desce

Apresentam-se alguns excertos de respostas, a título ilustrativo, nomeadamente:

“Há ar na garrafa que não pode sair” (PP8).

“A água fica retida no funil porque não há saída de ar para que a água possa entrar” (PP43).

“Não entra água por causa do ar da garrafa” (PS33).

“Porque a garrafa tem ar e não deixa entrar a água” (PS40).

“Porque a garrafa está “cheia” de partículas de ar. Se este não sair (devido à plasticina) a água não entra” (PT20).

“O ar no interior da garrafa impede de a água entrar” (PT38).

À semelhança do que se verificou em C1, também as respostas inseridas nesta subcategoria foram apresentadas por um considerável número de professores (39 professores) dos três ciclos, segundo os quais seriam aquelas que deveriam ser dadas pelos alunos, para explicar o fenómeno em questão. Ainda que, em cada um dos três subgrupos considerados, o número de docentes com esta opinião seja muito idêntico, são, contudo, os docentes pertencentes ao grupo dos mais novos, especificamente, o 1º ciclo (15 professores) e ao grupo dos mais velhos, designadamente, o 3º ciclo (13 professores), os que em maior número admitem esta forma de explicar, por parte dos alunos, sendo menor, no 2º ciclo, o número de docentes (11 professores) que emitem esta opinião.

4.3.5.3. *Opinião dos professores sobre o grau de completude da explicação que consideram que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água dentro do funil*

Os resultados recolhidos sobre o que pensam os docentes (questão 5.3 do questionário) quanto à (in)suficiência das explicações que, segundo eles próprios sugerem, os alunos deveriam elaborar para a retenção da água no funil, disponibilizam-se na tabela 25.

Tabela 25

Opinião dos professores quanto a considerarem completa (ou não) a explicação que os alunos deverão ser capazes de formular para a retenção de parte da água no funil

Concordância dos professores com a explicação dos alunos	Professores do 1 ^o ciclo (n=41)		Professores do 2 ^o ciclo (n=38)		Professores do 3 ^o ciclo (n=39)		Total de professores (n=118)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
é completa	40	97.6	30	78.9	26	66.6	96	81.3
não é completa	—	—	8	21.1	11	28.2	19	16.1
não respondeu	1	2.4	—	—	2	5.2	3	2.6

A consulta detalhada dessas informações permite-nos inferir que mais de metade dos professores (96 docentes – 81.3%) admitiram que as explicações que os alunos deveriam dar eram completas, havendo, apenas, uma minoria de elementos (19 docentes – 16.1%) que considerou incompletas as explicações que os alunos deveriam construir. Centrando a nossa observação nos resultados respeitantes a cada um dos três níveis de ensino considerados, verifica-se que esta concordância dos professores no que respeita à adequação das explicações dos alunos, vai diminuindo, assim que se vai avançando no nível de ensino. Assim, são os professores pertencentes ao subgrupo que trabalha com alunos mais jovens (1^o ciclo) os que, quase na totalidade (somente um docente não respondeu), admitem como completas as explicações que indicaram que os alunos deveriam construir e o subgrupo dos professores do 3^o ciclo os que em menor número (26 docentes) consideram completas as possíveis explicações dos alunos.

4.3.5.4. *Explicação que os professores consideram completa para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil*

Esta secção é reservada à análise das explicações que os professores que consideraram insuficientes as explicações que os alunos deveriam dar, propõem como mais adequadas, para interpretar o fenómeno em causa (questão 5.3 do questionário). Os dados incluídos na tabela 26

permitem-nos inferir que dos 19 docentes que consideraram incompletas as explicações que os alunos deveriam dar, apenas 18 docentes formularam as suas próprias explicações, uma vez que um elemento do 2º ciclo não apresentou nenhuma resposta. Desses 18 docentes, 11 são do 3º ciclo e sete do 2º ciclo.

Tabela 26

Características das explicações que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil

Tipos de explicação que os professores consideram completas	Professores do 1º ciclo (n=0)	Professores do 2º ciclo (n=8)	Professores do 3º ciclo (n=11)	Total de professores (n=19)	
	f	f	f	f	%
Descritivo	—	1	1	2	10.5
Causal	—	6	10	16	84.2
Interpretativo	—	—	—	—	—
Não respondeu	—	1	—	1	5.3

No que concerne aos tipos de explicação identificados nas respostas dadas pelos professores, salienta-se uma escassez de explicações descritivas, dado que só dois docentes (um do 2º ciclo e um do 3º ciclo) as usaram, e a ausência de explicações do tipo interpretativo. Novamente são as explicações causais as utilizadas por um maior número de docentes (16 docentes).

Subcategorias formadas para as explicações descritivas

No que respeita às respostas dadas pelos professores como sendo explicações completas e nas quais se identificaram explicações do tipo descritivo, as mesmas foram distribuídas por duas das subcategorias apresentadas em 4.3.5.2, nomeadamente, D2 e D3 (quadro 32).

Quadro 32

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil (n=2)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=1)	3º C (n=1)
D2: a plasticina está a bloquear/apertar; impede a entrada da água	—	—	1
D3: entrada de alguma água na garrafa.	—	1	—

Relativamente à subcategoria D2, esta inclui uma única resposta, dada por um professor do 3º ciclo, que considerou como sendo uma explicação completa, para a retenção de parte da água no funil, uma explicação que se baseia na impossibilidade de parte da água entrar, devido à plasticina estar colocada na junção do gargalo e do funil, e que é a seguinte:

“Porque a superfície de contacto da plasticina dificulta a passagem da água” (PT7).

Quanto à subcategoria D3, verifica-se, através dos dados colocados no quadro 32, que também uma só resposta se insere nesta subcategoria, tendo sido dada por um professor do 2º ciclo e que somente se refere ao que acontece, especificamente, à entrada inicial de alguma água na garrafa, sem ter explicitado algum motivo para tal. A resposta apresentada pelo referido docente é a seguinte:

“Devia ser explicado que, no início, alguma água entra na garrafa” (PS19).

i) Subcategorias formadas para as explicações causais

No caso das respostas dos professores que foram classificadas como explicações causais, de acordo com as ideias nelas presentes, todas elas puderam ser distribuídas pelas cinco subcategorias já formadas e descritas anteriormente, em 4.3.5.2 (quadro 31), designadamente, C1, C2, C3, C4 e C5 (quadro 33).

Quadro 33

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os professores consideram completas para fundamentar a retenção de parte da água dentro do funil (n=16)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=6)	3º C (n=10)
C1: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço; a água fica sem espaço na garrafa e não consegue entrar	—	3	1
C2: dentro da garrafa tem ar, o ar é um corpo que ocupa espaço; ao deitar a água no funil, o ar da garrafa comprime-se, mas só até certo ponto; por isso, mesmo comprimido, continua a ocupar espaço; logo, a água fica sem espaço	—	—	1
C3: a garrafa tem ar; esse ar não pode sair devido à plasticina; esse ar como não sai, exerce pressão sobre a água e esta não entra	—	1	5
C4: dentro da garrafa tem ar que não consegue sair devido à plasticina; o ar sob pressão comprime-se; ao deitar a água no funil, o ar da garrafa comprime-se, diminui de volume e aumenta a pressão	—	—	3
C5: dentro da garrafa tem ar; para a água entrar esse ar teria de sair; como a plasticina impede a saída do ar, este não deixa a água entrar	—	2	—

Assim, em relação à subcategoria C1, após a análise das respostas dos professores, verifica-se que são quatro professores (três do 2º ciclo e um do 3º ciclo) que, não concordando com as explicações que os alunos deveriam ser capazes de formular, apresentam eles próprios as explicações que consideram mais completas e que, pela ideia geral que encerram (o ar, dentro da garrafa, ocupa espaço que não pode ser ocupado pela água) se incluíram nesta subcategoria. Constituem exemplo desta forma de explicar as seguintes respostas dadas pelos docentes:

“O ar contido dentro da garrafa não pode sair e, portanto, o espaço ocupado pelo ar não pode ser ocupado pela água” (PS37).

“Tanto o ar como a água irão ocupar o mesmo volume dentro da garrafa. Como a plasticina não deixa sair o ar, o ar continua dentro da garrafa não deixando espaço para a entrada da água. Assim sendo, a água não tem espaço para entrar pelo que fica no funil” (PT16).

No que respeita a C2, só inclui uma explicação, dado que somente um professor do 3º ciclo considerou, como explicação completa para o fenómeno em questão, o facto de a compressibilidade do ar ter limites, pelo que, mesmo sendo comprimido, o ar continua a ocupar algum espaço. A referida resposta apresentada pelo docente, é a seguinte:

“Se o ar é um gás, ele pode ser comprimido; no entanto como ocupa espaço não deixa a água entrar” (PT52).

Quanto à subcategoria C3, a ideia geral que permitiu a sua formação (o ar existente dentro da garrafa exerce pressão, impedindo a entrada da água), apenas foi encontrada nas respostas de seis docentes (um professor do 2º ciclo e cinco professores do 3º ciclo) que as consideraram como explicações completas. Seleccionados de entre as seis respostas obtidas, e a título ilustrativo, apresentam-se os seguintes dois exemplos de resposta, classificados na subcategoria C3:

“Depois de se tapar o gargalo, o ar que está na garrafa não sai e exerce pressão sobre a água do funil não a deixando entrar. A pressão do ar exterior não supera a pressão do ar interior” (PS16).

“O aluno deveria explicar porque é que a pressão na garrafa varia; quando a garrafa já tem água a sua pressão é maior, fazendo com que a água no funil esteja sujeita a uma força de baixo para cima ficando retida no funil” (PT21).

“Como a água é vertida rapidamente para dentro da garrafa, o ar como não consegue sair com a mesma velocidade com que a água entra, faz aumentar a pressão do ar, que dificulta a entrada de mais água. Consequentemente, a água vai ser impedida de entrar” (PT33).

No caso da subcategoria C4, somente três docentes pertencentes ao 3º ciclo admitiram que para explicar, de uma forma completa, a retenção de parte da água no funil, seria necessário referir a compressibilidade do ar, relacionando-a com a diminuição de volume e o aumento de pressão, por parte desse mesmo ar. Como exemplos das explicações com estas características, expõem-se as seguintes respostas:

“O ar é comprimido sendo sujeito a um aumento de pressão, impedindo a entrada de água com facilidade” (PT22).

“O ar que existe dentro da garrafa destapada estava à pressão atmosférica. Quando se começa a deitar água, alguma consegue entrar pois o ar comprime-se e a pressão dentro da garrafa aumenta, sendo agora superior à pressão atmosférica. Isto impede a entrada de mais água” (PT30).

Quanto à última subcategoria (C5), apenas integra as respostas dadas por dois professores do 2º ciclo, os quais consideraram que para a explicação do fenómeno em causa ser completa deveria mencionar a existência de ar dentro da garrafa, sem contudo, clarificar a função desse ar, como causa impeditiva da entrada da água na garrafa. As referidas respostas que se incluem nesta subcategoria (C5) são as seguintes:

“Porque o gargalo da garrafa está tapado com plasticina, o que não permite a saída do ar que está dentro da garrafa. Assim, o ar não saindo, a água não pode cair do funil” (PS30).

“A garrafa está cheia de ar e este teria que sair pelo funil, para a água poder entrar lentamente na garrafa” (PT45).

4.3.6. Discussão dos resultados obtidos no estudo realizado com os professores

Pela análise detalhada dos resultados obtidos, não restam dúvidas de que os mesmos vêm confirmar o que a literatura inclui e que já tivemos oportunidade de expor no capítulo II, acerca da forma, frequentemente inadequada (Horwood, 1988; Newton *et al.*, 2002) como, quer futuros professores (Lawrence & Pallrand, 2000; Leite & Afonso, 2004), quer docentes já profissionalizados e em exercício de funções (Dagher & Cossman, 1992) explicam os fenómenos físicos.

Os exemplos atrás expostos permitem constatar que, no conjunto de cada uma das cinco situações problemáticas consideradas e independentemente do nível de ensino a que pertencem, mais de metade dos docentes que participaram no estudo (exceptuando o subgrupo do 2º ciclo, em S4 e

em S5) admite que os alunos que frequentam os 4º, 6º e 9º anos de escolaridade deverão ser capazes de construir explicações para cada um dos referidos fenómenos.

Considerando as respostas de cada um dos três conjuntos de professores, no conjunto das cinco situações apresentadas, constata-se que mais de metade dos professores dos 1º e 3º ciclos prevê que os alunos desses níveis de ensino deverão ser capazes de explicar as cinco situações consideradas, enquanto que os professores do 2º ciclo têm essa opinião, em número maioritário, apenas em relação a quatro (S1, S2, S3 e S5) das cinco situações descritas. Assim sendo, são os professores pertencentes ao subgrupos dos mais jovens e dos mais velhos os que consideram que os alunos dos respectivos níveis de ensino deverão ser capazes de construir explicações para um maior número de situações problemáticas, das cinco apresentadas.

Todavia, apesar de ser maioritária esta opinião “favorável”, no conjunto de todos os sujeitos participantes, notam-se diferenças entre os três subgrupos de professores, de situação para situação, ainda que algumas dessas diferenças sejam pouco acentuadas. Com efeito, comparando as respostas de cada um dos três subgrupos de professores, para as diversas situações problemáticas, verifica-se que os professores do 3º ciclo são os que, apenas em uma situação problemática (S2), consideram, em menor número (40 professores), que os alunos desse nível de escolaridade deveriam ser capazes de explicar o fenómeno em questão. Porém, são os que, em maior número, admitem que os alunos serão capazes de formular uma explicação em relação aos fenómenos reproduzidos em S1 (52 professores), em S3 (55 professores) e em S4 (51 professores). Quanto aos professores do 2º ciclo, são os que, em duas (S4 e S5) das cinco situações problemáticas descritas, acham, em menor número, que os alunos desse nível académico serão capazes de explicar os fenómenos em causa, especificamente, 36 professores (S4) e 38 professores (S5). Acresce que nunca aparecem, em maior número (relativamente aos outros dois níveis), a considerar que os alunos desse nível de ensino deverão ser capazes de construir uma explicação para os fenómenos considerados. Em relação aos professores incluídos no subgrupo do 1º ciclo, também, numa só situação problemática (S1), admitem, em menor número (45 professores) que os alunos deste nível de escolaridade serão capazes de formular uma explicação para justificar o reduzido enchimento do balão. Contudo, em relação a S2 e a S5, este subgrupo de professores se for comparado com os outros dois subgrupos (2º e 3º ciclos), é o que, em maior número (49 e 41 professores, respectivamente), acha que os alunos do respectivo ciclo que leccionam deveriam ser capazes de explicar os referidos fenómenos. Em contrapartida, quase todos os professores dos três subgrupos (à excepção de um do 1º ciclo e um do 2º ciclo)

consideraram, no caso de S3 (êmbolo da seringa”), que os alunos deveriam ser capazes de explicar a pequena descida do êmbolo.

Estes resultados são parcialmente contraditórios com o que seria de esperar. Na verdade, era de esperar que o número de professores dos níveis etários mais baixos (do 1º ciclo ou até mesmo do 2º ciclo) que acreditavam que os alunos deveriam construir explicações acerca dos fenómenos físicos apresentados fosse reduzido. De facto, ainda que os conteúdos a que os fenómenos físicos dizem respeito já tivessem sido abordados pelos alunos, sendo estes ainda muito jovens, têm um percurso académico demasiado curto para que se torne provável que todos, ou quase todos, consigam explicar os fenómenos considerados, pelo menos de uma forma complexa que implica o recurso a modelos teóricos, os quais ainda não foram abordados nessas idades. Por outro lado, e também ao contrário do que se constatou, era expectável que em relação aos alunos de idades mais avançadas (3º ciclo) e, portanto, já possuidores de quase toda a escolaridade básica que lhes permitiu abordar conceitos e modelos relevantes para a explicação dos fenómenos em causa, fosse mais considerável o número dos professores que esperassem que os mesmos fossem capazes de explicar os fenómenos em questão.

Com efeito, nesta situação constatada que causa alguma estranheza, sobressai o facto de um número considerável de professores do 2º ciclo considerarem, em duas (S4 e S5) das cinco situações problemáticas, que os alunos não seriam capazes de explicar os fenómenos em causa, nomeadamente, o facto de o balão aumentar de volume (S4) e de alguma água ficar retida dentro do funil (S5). Tal opinião, em parte, pode encontrar justificativo no facto de a teoria corpuscular da matéria já não ser abordada nesse nível de ensino, o que pode levar os referidos docentes a admitir que os alunos são incapazes de explicar esses fenómenos. De qualquer forma, os professores deveriam ter pensado que as explicações construídas pelos alunos não teriam que, obrigatoriamente, se basear em modelos, mas podiam, simplesmente, centrar-se em relações entre grandezas físicas (ex: volume e pressão). Assim sendo, deveriam ter admitido, em maior número, que os alunos seriam capazes de explicar os referidos fenómenos (S2, S3, S4 e S5).

Esta configuração de resultados sugere que os professores não tiveram em conta, tanto quanto seria desejável, os conhecimentos de que os alunos dispõem, mas sim, possivelmente, o seu próprio à vontade e/ou o conhecimento, acerca de cada uma das situações apresentadas. Os comentários feitos pelos docentes, aquando do preenchimento do questionário (ex: “esta experiência não é do programa!”), sugerem o desconhecimento da própria actividade em si, bem como a indiferenciação entre conteúdo programático e actividade. O que seria relevante ter em conta para se poder considerar

que os alunos seriam (ou não) capazes de explicar os fenómenos considerados, seria o facto de o conteúdo programático constar, ou não, do programa e não as actividades descritas, na medida em que é o conteúdo que pode ser usado para diversas actividades e não uma actividade para diversos conteúdos.

Por outro lado, a grande dependência que os professores têm do manual escolar (Gerard & Rogiers, 1998; Tiana Ferrer, 1999), aliado ao facto de algumas actividades (S2, S4 e S5) raramente surgirem nos manuais, talvez contribua para a pouca familiarização, por parte dos professores, com essas actividades, ao contrário de outras situações (S1 e S3) que surgem, frequentemente, nos manuais escolares, ao longo da escolaridade básica. Efectivamente, S2, S4 e S5 foram as situações em que, considerando a amostra global de professores (165 professores), foi menor o número de professores (135, 137 e 118 professores, respectivamente) que previram que os alunos deveriam ser capazes de explicar os fenómenos em questão, enquanto que em S1 e em S3, esse número foi superior (148 e 163 professores, respectivamente).

No que respeita às características das explicações que, segundo os professores, os alunos deveriam ser capazes de formular ou, até mesmo, nas escassas explicações que eles próprios apresentam como sendo as mais completas, é visível que tendem a usar, de forma desigual, os vários tipos de explicação considerados nesta tese. Assim, as explicações do tipo interpretativo estão totalmente ausentes em S2 e são muito pouco utilizadas nas explicações apresentadas em S1, S3, S4 e S5. Pelo contrário, independentemente do nível de ensino, predominam as explicações causais, em cada uma das cinco situações consideradas (mais de metade do total das explicações formuladas, em cada situação). Quanto às explicações classificadas por nós como descritivas, são sobretudo os docentes do 1º ciclo, os que em maior número (ainda que pouco considerável) consideram que os alunos as usariam para explicar os fenómenos físicos em questão. De qualquer forma, o facto de, à medida que se avança do 1º para o 3º ciclo, cada vez menos professores admitirem que os alunos usariam as explicações que nós incluímos na categoria das descritivas, acaba por fazer algum sentido, sobretudo, no caso dos mais jovens (1º e 2º ciclos). De facto, tratando-se de um nível etário que ainda não permite exigir-se-lhes um elevado nível de complexidade, nas explicações dos fenómenos, bastará, por isso, ficar-se pela descrição (1º ciclo) ou, no caso dos alunos pertencentes ao nível académico seguinte (2º ciclo), avançar-se até ao estabelecimento de relações entre grandezas físicas.

Ainda que seja considerável o número de professores que estabeleceram relações de causalidade, nas explicações que consideraram que os alunos deveriam ser capazes de formular,

essas relações revelam-se pouco complexas, tendo por base, na maioria dos casos, generalizações empíricas (o ar quente sobe) e concepções alternativas (o ar quente é mais leve). Os fenómenos são encarados pelos professores de forma muito linear, como se fossem muito óbvios, como que de situações familiares se tratasse, não parecendo haver, por isso, a percepção da necessidade de uma explicação mais complexa. Antes, verifica-se como que uma simplificação da explicação, apenas sobressaindo a referência à grandeza física em questão, sem a clarificação da forma como a mesma actua (“o ar ocupa espaço”; “relacionar o número de partículas com o volume que ocupam”). É o que acontece, por exemplo, em S4 (“balão e água quente”) quando, ao referirem-se quer ao movimento do ar/das partículas da garrafa, quer ao aumento do número de colisões das mesmas, não especificam, respectivamente, a natureza do movimento do ar das partículas ou de que forma o aumento do número de colisões interfere no enchimento do balão.

Se, por um lado, é aceitável que os professores considerassem que, sobretudo os mais jovens (1º e 2º ciclos), seriam ainda incapazes de imprimir alguma complexidade às explicações que formulariam, por outro lado parece que esse factor não foi, todavia, o que mais influenciou nos tipos de explicação que os professores consideraram que os alunos deveriam usar. Se assim fosse, face à possibilidade de os professores apresentarem, posteriormente, as explicações que consideravam como sendo as mais completas e adequadas, a grande maioria dos docentes, sobretudo os dos referidos níveis etários (1º e 2º ciclos), não se teria dado por satisfeita com as explicações que os alunos deveriam ser capazes de dar, nem apresentado fundamentações muito semelhantes a essas. Ora, tendo em conta que ninguém consegue explicar de uma forma cientificamente aceite, aquilo que desconhece (Ogborn *et al.*, 1997), tal facto leva-nos a supor que os docentes não estavam seguros do assunto em causa, ou, simplesmente, desconheciam a explicação cientificamente mais adequada para o respectivo fenómeno. De certa forma, estes resultados mais não são do que confirmações da opinião de alguns especialistas que consideram que os professores explicam os fenómenos recorrendo a modelos teóricos pouco complexos (Edgington, 1997) ou a processos indutivos (Leach *et al.*, 2000).

Concordante, ainda, com o que já foi descrito no capítulo II, a propósito da existência de concepções alternativas, acerca dos fenómenos físicos (Driver *et al.*, 1994), algumas explicações identificadas nas respostas dos professores, de facto, parecem ter subjacentes concepções alternativas. Alguns exemplos ilustrativos dessas concepções têm a ver com a referência, em S4, à dilatação das partículas do ar, à subida do ar quente, por ser mais leve ou, em S2, a referência à formação de um vácuo, dentro do copo. Tal constatação coloca-nos perante uma situação, de certa

forma, preocupante, pois os docentes do Ensino Básico que, supostamente, devem ser facilitadores da construção do conhecimento científico e capazes de ajudar os alunos a alterar as concepções alternativas que transportam para a sala de aula (Santos, 1998), perfilham, eles próprios, parte dessas concepções.

Prosseguindo-se com a interpretação dos resultados obtidos, há ainda a salientar que, tendo em conta a interdependência e articulação entre a explicação científica e os dados e as evidências e, tendo em conta os resultados obtidos por Leite & Afonso (2004), era de prever a predominância relativa dos diversos tipos de explicação obtidos. Efectivamente, o baixo nível de complexidade, nas explicações apresentadas, mais não é do que uma consequência directa da falta de utilização, por parte dos docentes, das evidências necessárias para explicação do fenómeno em causa, pois, direccionam a atenção apenas para alguns dados, nomeadamente, os fornecidos (o balão não enche (S1); o papel não se molha (S2); o êmbolo não desce (S3)), ignorando outros. Tal como sugerem Ntombela (1999) ou Ogborn *et al.* (1997), os resultados obtidos neste estudo levam a admitir que os professores, na formulação das explicações, não procedem à interpretação dos dados, nem tão pouco à selecção dos que constituiriam evidências do fenómeno em causa; antes, concentram a sua atenção apenas em alguns dados e ignoram outros, para além de revelarem pouco conhecimento científico acerca do fenómeno em causa, pois, algumas das respostas têm por base generalizações empíricas, directamente emergentes dos dados e que resultam em concepções alternativas.

Os resultados obtidos neste estudo revelam que os docentes, nas explicações que apresentam e tal como Horwood (1988) já havia admitido, centram-se, sobretudo, na observação, valorizando mais a informação do que a interpretação. Talvez este resultado esteja relacionado com as características que eles consideram ser importantes em Ciências ou com o que eles consideram ser o conhecimento científico. Sabendo que entre os professores (Praia & Cachapuz, 1998; Pereira, 2002) e os futuros professores (Eick, 2000; Thomaz *et al.*, 1996) predominam concepções empiristas sobre as Ciências, as quais assentam na observação, então, talvez isso tenha levado os professores incluídos neste estudo a privilegiar menos os tipos de explicações que exigem interpretação (explicações que incluam entidades teóricas integradas em modelos), do que as que assentam na observação e/ou no simples relacionamento de variáveis.

Apesar de em nenhum dos níveis de escolaridade serem bons, os resultados obtidos parecem apontar para uma diminuição da dificuldade de explicar os fenómenos físicos em causa, com o aumento do nível de escolaridade. De facto, as falhas evidenciadas (explicações pouco complexas e

insuficientes) nos professores do 1º ciclo são menos notadas nos do 2º ciclo e ainda menos nos docentes do 3º ciclo que, possuindo uma formação específica na área das Ciências, dominam melhor e lidam mais frequentemente com os conteúdos em causa. De qualquer forma, não é pretensão nossa afirmar que se os professores não explicaram da forma mais correcta e/ou mais completa os fenómenos físicos considerados, é porque são incapazes de o fazer. Aliás, o facto de o próprio questionário ser de preenchimento presencial, pode ter levado os docentes a sentirem-se obrigados a expor o seu próprio conhecimento, de imediato, e não de uma forma profundamente reflectida. Por outro lado, se o questionário fosse respondido em grupo, obteríamos, certamente, explicações diferentes (mais completas e mais adequadas). Contudo, nesta investigação, não nos convinha respostas resultantes de um processo de “partilha” de conhecimentos, na medida em que estas poderiam não corresponder, exactamente, àquelas que os professores de Ciências, individualmente, admitem ser as mais adequadas e completas e adoptam para ensinar aos alunos. Se essa correspondência não se verificasse, não teríamos dados acerca do que, provavelmente, cada professor exige dos seus alunos e considera, ele próprio, cientificamente adequado e, conseqüentemente, teríamos dificuldade em comparar os resultados deste estudo, com os obtidos no estudo cujos resultados descreveremos na próxima secção, e que envolveu alunos.

Se é verdade que a maior parte do trabalho dos professores de Ciências (Ogborn *et al.*, 1997; Leite & Afonso, 2004) consiste em explicar aos alunos (explicar Ciências) as explicações científicas construídas pelos cientistas (os quais explicam os fenómenos naturais), não é menos verdade que se tem vindo a preconizar o início, cada vez mais precoce (Harlen, 1998; Johnston, 1998), da educação científica (Santos & Valente, 1997; Millar & Osborne, 1998; Leach, 2002). Assim sendo, torna-se necessário que os professores de Ciências conheçam e compreendam as explicações científicas para que sejam capazes de as usar e de as explicar aos seus alunos. Por outro lado, se os tipos de explicação que os professores consideram importantes para a formação dos alunos depende do que eles consideram ser importante em Ciências ou das características que eles atribuem ao conhecimento científico (Vilches, Solbes & Gil, 2004; Kang & Wallace, 2004; Séré *et al.*, 2005), então, é também de primordial importância que os professores desenvolvam não só concepções actualizadas e epistemologicamente adequadas acerca das Ciências, mas também competências de explicação das explicações científicas a alunos dos diversos níveis de escolaridade (Leach, 1998; Wellington, 2000), pois, destas competências dependerá, pelo menos em parte, o seu (in)sucesso (Ogborn *et al.*, 1997) profissional.

4.4. Os alunos e a explicação de fenómenos físicos

Os resultados obtidos através da entrevista sobre cinco situações problemáticas, a alunos dos 4º, 6º e 9º anos de escolaridade, do Ensino Básico, descrevem-se separadamente, por actividade, tendo em conta os três aspectos principais submetidos a análise, especificamente: a previsão do fenómeno, a explicação dessa previsão e a explicação do fenómeno, após a constatação do mesmo.

Conforme já se referiu no terceiro capítulo, mais propriamente em 3.3.5., consideraram-se, para este estudo, as mesmas situações problemáticas incluídas no questionário respeitante ao estudo realizado com professores. A fim de ilustrar a análise e a classificação efectuadas, incluem-se algumas transcrições de excertos das explicações construídas pelos alunos.

4.4.1. Situação 1: Balão dentro da garrafa

4.4.1.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão, colocado na garrafa, quando se sopra para dentro dele

No que respeita a esta primeira situação problemática (figura 25, p. 181), pedia-se aos alunos que, numa primeira fase (previsão), expusessem o que achavam que aconteceria ao balão introduzido dentro da garrafa, caso se soprasse para dentro dele.

De acordo com os resultados obtidos e disponíveis na tabela 27, constata-se que os 75 alunos participantes neste estudo previram três diferentes comportamentos para o balão, designadamente: o balão enche (57 alunos – 76.0%), o balão não enche (12 alunos – 16.0%) e o balão enche pouco (seis alunos – 8.0%).

Tabela 27

Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão depois de se soprar para dentro dele

Comportamentos previstos	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
O balão enche	20	80.0	19	76.0	18	72.0	57	76.0
O balão enche pouco	2	8.0	2	8.0	2	8.0	6	8.0
O balão não enche	3	12.0	4	16.0	5	20.0	12	16.0

Considerando, separadamente, cada uma destas três possibilidades previstas pelos alunos, os dados inseridos na tabela 27 evidenciam que são, sobretudo, os alunos mais jovens (1º e 2º ciclos) os que, em maior número, prevêem o enchimento do balão (20 e 19 alunos, em cada um destes dois subgrupos), ainda que os do 3º ciclo também o façam e em número considerável (18 alunos – 72.0%).

No caso dos alunos que supõem que o balão não vai encher, são os alunos mais velhos os que, em maior quantidade (cinco alunos – 20.0%), elaboram esta previsão para o balão, dado que, em cada um dos outros dois subgrupos (1º e 2º ciclos), apenas três e quatro alunos, respectivamente, admitem a impossibilidade de o balão encher, mesmo soprando. Quanto aos alunos que prevêem correctamente o comportamento do balão (“o balão enche pouco”), é uma minoria (seis alunos – 8%) que considera essa possibilidade (dois em cada nível de escolaridade).

Assim, verifica-se que quase todos os alunos fazem uma previsão errada do comportamento do balão, independentemente do nível de ensino (23 alunos, em cada um dos três subgrupos de alunos), não se notando que esse número se altere em função do nível de escolaridade dos alunos.

4.4.1.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o balão, quando se sopra para dentro dele

Nesta secção expõem-se os resultados obtidos na segunda fase da entrevista, especificamente, a que diz respeito aos tipos de explicação associados às razões que os alunos invocaram para justificar os três comportamentos que previram para o balão. Como todos os alunos elaboraram uma previsão, a análise centrou-se nas respostas de todos os alunos (75 alunos), registando-se, na tabela 28, os resultados obtidos.

Tabela 28

Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão, quando se sopra para dentro dele

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	23	92.0	24	96.0	21	84.0	68	90.7
Causal	2	8.0	1	4.0	4	16.0	7	9.3
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

Como é possível verificar pela análise da tabela 28, identificaram-se, apenas, dois tipos de explicação (explicações descritivas e explicações causais), nas respostas dadas pelos alunos, não se tendo detectado, em nenhum dos três subgrupos, nenhuma resposta que incluisse uma explicação classificada como interpretativa. Nota-se, ainda, que é maioritário o número de alunos que usam explicações do tipo descritivo (68 alunos – 90.7%), relativamente aos que recorrem a explicações causais (sete alunos – 9.3%). Esta assimetria é igualmente evidenciada em cada um dos três subgrupos de alunos considerados, sendo os alunos mais novos, nomeadamente, os dos 1º e 2º ciclos, os que, em maior número (23 e 24 alunos, respectivamente), utilizam explicações descritivas. Os alunos mais velhos, especificamente, os do 3º ciclo, são os que, em contrapartida, recorrem mais às explicações causais (quatro alunos – 16.0%).

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As 68 explicações que os alunos construíram para os três comportamentos que previram para o balão e que foram classificadas, por nós, como explicações descritivas, distribuíram-se por cinco subcategorias (D1, D2, D3, D4 e D5) descritas no quadro 34, sendo que, as quatro primeiras (D1, D2, D3, D4) já foram apresentadas em 4.3.1.2, no quadro 9.

Quadro 34

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão quando se sopra para dentro dele (n=68)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=23)	2º C (n=24)	3º C (n=21)
D1: ao soprar-se para o balão, entra ar e o balão vai enchendo	19	18	13
D2: sopra-se ar para o balão; o ar volta a sair, o balão fica sem ar suficiente e não enche	—	3	—
D3: o balão está limitado pelo espaço da garrafa que, sendo estreita e apertada, não deixa espaço para o balão encher	3	2	2
D4: sopra-se ar para o balão; como o balão é elástico, enche/estica	1	1	4
D5: dentro da garrafa não existe ar, necessário ao enchimento do balão; o balão não pode encher	—	—	2

Através dos dados inseridos no quadro 34, constata-se que das cinco subcategorias constituídas, D1 é a que agrupa o maior número de respostas de alunos dos três níveis de ensino (50 alunos), para justificar o enchimento do balão, aliás o comportamento previsto por mais alunos. A ideia

principal evidenciada nas respostas que esta subcategoria reúne centra-se na entrada de ar para o balão e no enchimento deste, sendo, em muitas respostas, reforçada por expressões como “obviamente que enche” ou “é normal”, o que revela que os alunos não avançam para além do que conhecem das suas vivências. Trata-se, pois, de um raciocínio presente na quase totalidade das respostas (tendo em conta o total das explicações descritivas) dos alunos mais novos, quer do 1º ciclo (19 alunos), quer do 2º ciclo (18 alunos) e que se reduz para mais de metade (13 alunos) no subgrupo dos alunos mais velhos (3º ciclo). Esta forma de explicar as previsões feitas para o balão pode ser ilustrada pelos seguintes excertos de respostas:

“Por causa de nós estarmos a dar ar e ele vai crescendo com o nosso ar” (AP2).

“Ele vai enchendo, enchendo, porque entra cada vez mais ar, até que ... fica cheio dentro da garrafa” (AP3).

“Porque metemos ar aí e com ele as coisas incham ... enchem” (AS2).

“Obviamente, enche, porque soprando pomos ar lá para dentro” (AS15).

“Ao colocar ar dentro do balão ele vai dilatar” (AT3)

“É normal! O balão vai ficar cheio de ar!” (AT11)

No que respeita a D2, os resultados expostos no quadro 34 revelam que apenas inclui as explicações formuladas por três alunos do 2º ciclo, as quais continuam a centrar-se na observação. Nas respostas que dão, estes alunos referem a insuficiência de ar dentro do balão (o ar foge/volta a sair) como motivo principal de ele não conseguir encher (comportamento previsto por estes alunos). Os dois exemplos de respostas que se seguem, e que se incluem na subcategoria D2, são ilustrativos das explicações que os alunos formularam para justificar a previsão que fizeram (“o balão não enche”):

“Ao soprar o ar volta para cima, para trás” (AS4).

“O ar sai outra vez pelo buraco” (AS22).

No caso da subcategoria D3, os dados colocados no quadro 34 mostram que a mesma apenas agrupa as respostas de seis alunos (três do 1º ciclo e dois em cada um dos outros dois subgrupos). Neste caso, as explicações incidem na estrutura da montagem (garrafa, gargalo e/ou orifício, demasiado estreitos), a qual, segundo estes alunos, é “responsável” pelo facto de o balão não encher (cinco alunos) ou encher pouco (dois alunos). A título ilustrativo apresentam-se alguns exemplos de respostas que evidenciam esta ideia:

“Está num sítio onde tem pouco espaço” (AP4).

“O balão está num sítio pequeno e apertado” (AP21).

“Tem um espaço muito pequeno. Esta garrafa é muito apertada e ele não consegue abrir” (AS21).

“Acho que não tem espaço suficiente” (AS23).

“Tem menos espaço para se expandir do que se estivesse cá fora” (AT17).

“Se enchesse batia na garrafa e voltava a ficar vazio” (AT25).

A ideia geral que a subcategoria D4 encerra e que está presente em seis respostas, dadas por alunos pertencentes aos três subgrupos (1º, 2º e 3º ciclos), evidencia o efeito do ar quando em contacto com um material elástico (o balão). Também neste caso, os alunos suportam as explicações que dão em conhecimentos resultantes das suas vivências (o elástico “dilata”/”estica”), limitando-se a mencionar o que acontecia. Assim, apesar de ser verdade que os balões de elástico “esticam” com a entrada de ar, esta explicação não é suficiente, nem tão pouco adequada, do ponto de vista científico. O quadro 34 mostra, ainda, que esta forma de explicar foi mais utilizada (quatro alunos) pelos alunos pertencentes ao grupo dos mais velhos (3º ciclo) e que apenas um elemento, em cada um dos dois subgrupos dos mais novos (1º e 2º ciclos), justificou desta forma o comportamento previsto para o balão (“o balão enche”). A ideia geral, representada por D4, é evidenciada nos seguintes exemplos de resposta:

“Se soprarmos para ali, o balão é elástico e abre com o ar” (AP8).

“Lá dentro ele enche e como é elástico ele pode encher” (AS7).

“Ao soprarmos o ar faz com que o balão alargue porque é elástico” (AT8).

“O balão estende-se por toda a garrafa. O elástico estica com a entrada do ar e vai até ao fundo” (AT9).

As respostas classificadas na subcategoria D5 parecem evidenciar que os alunos pretendem estabelecer uma analogia com os seres vivos, considerando que assim como estes necessitam de ambiente com “ar” para viver, também o balão necessita de estar colocado num local onde exista ar para poder encher, o que, para eles, não acontece dentro de uma garrafa. De acordo com as informações apresentadas no quadro 34, verifica-se que apenas dois elementos do 3º ciclo justificaram desta forma a previsão que fizeram (“o balão não enche”). A subcategoria em causa pode ser ilustrada pelas respostas dos referidos alunos, as quais se transcrevem de seguida:

“Porque não tem oxigénio dentro da garrafa” (AT1)

“Dentro da garrafa não tem muito ar” (AT2).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As sete respostas dos alunos que contêm explicações classificadas como causais estão distribuídas por três (C1, C2 e C4) das quatro subcategorias consideradas no estudo anterior (quadro 10) e que agora se expõem, novamente, no quadro 35.

Quadro 35

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão quando se sopra para dentro dele (n=7)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1ª C (n=2)	2ª C (n=1)	3ª C (n=4)
C1: a garrafa tem ar; este ar exerce pressão; esta pressão é maior que a pressão do ar que se sopra para o balão; o balão não enche.	—	—	2
C2: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume/lugar; como o ar não pode sair da garrafa, o balão fica sem espaço para encher	1	—	2
C4: no interior da garrafa há ar; esse ar como está lá dentro e não consegue sair, não deixa o balão encher	1	1	—

No caso da subcategoria C1, os dados inseridos no quadro 35 informam que apenas dois alunos, pertencentes ao 3º ciclo, justificaram as suas previsões (“o balão enche” e “o balão não enche”) recorrendo ao conceito de pressão exercida pelo ar dentro da garrafa e estabelecendo uma relação causal entre essa pressão (causa) e o facto de o balão somente conseguir encher um pouco (efeito). Todavia, ainda que ambos os alunos mostrassem possuir a mesma ideia geral (o ar existente dentro da garrafa exerce pressão), explicaram as previsões de forma diferente. Assim, enquanto um deles admitiu que o ar, dentro da garrafa, exerce pressão e, por isso, “o balão não enche”, o outro aluno, pelo contrário, considerou que, apesar da “força” do ar existente dentro da garrafa, “o balão enche” devido ao facto de a pressão, quando se sopra para dentro dele, ser maior.

Nas respostas que deram, e contrariamente às que os professores tinham considerado (quadro 10), apenas um dos dois alunos se referiu à diferença de pressão, embora de forma cientificamente incorrecta: a pressão exercida pelo ar dentro da garrafa é menor que a pressão do ar soprado para o balão. Ainda que um dos alunos não mencione, propriamente, o termo pressão, apresenta, contudo, um vocábulo sinónimo e que, dado o contexto em que é referido, dá a entender que se refere à pressão exercida pelo ar dentro da garrafa e à impossibilidade de o balão encher. Tal

forma de explicar, representada por C1, é visível nas respostas dos referidos alunos que a seguir se transcrevem:

“A pressão do ar lá de dentro é muito forte, mas o balão acaba por encher porque a pressão de soprar é maior do que a de lá de dentro” (AT4).
“Não enche porque tem ar dentro e o ar que está dentro faz pressão” (AT19).

No que concerne a C2 (quadro 35), é também uma subcategoria que agrupa respostas dadas por um número muito reduzido de alunos, quer dos que pertencem ao subgrupo dos mais novos, especificamente, os do 1º ciclo (um aluno), quer dos que se incluem no subgrupo dos mais velhos, designadamente, os do 3º ciclo (dois alunos). Estes três alunos apresentaram estas explicações para justificar o que consideraram que aconteceria ao balão, especificamente, “o balão não enche” (um aluno) ou “o balão enche pouco” (dois alunos). Assim, só estes três alunos, antes de se constatar o ligeiro enchimento do balão, parecem ter a noção de que o ar é um corpo que ocupa espaço dentro da garrafa e que esse espaço só poderá ser preenchido por um outro corpo (o balão), caso seja desocupado. Há, pois, uma relação causal entre o espaço ocupado pelo ar dentro da garrafa (causa) e a impossibilidade de o balão encher quando se sopra (efeito). Os exemplos de respostas que se seguem ilustram a ideia presente nessas explicações:

“Enche só mesmo um bocadinho porque o ar que está aqui dentro não dá espaço para o balão encher porque já está aqui ar a ocupar” (AP24).

“Ah! Já sei por que é que não enche! É porque tem ar lá dentro e para o balão poder encher tinha que ocupar o espaço desse ar e não consegue ... porque o ar depois não tinha sítio para onde ir” (AT5).

Em relação à última subcategoria, a subcategoria C4, os resultados obtidos e apresentados no quadro 35 revelam-nos que apenas dois alunos (um do 1º ciclo e um do 2º ciclo) deram respostas que continham a ideia geral que permitiu incluí-las nesta subcategoria e que sugere que os alunos estão conscientes de que o elemento impeditivo e causador de o balão encher pouco é o ar existente dentro da garrafa, que não consegue sair. Contudo, ao justificarem esse comportamento que previram para o balão, não explicitam nenhuma característica e/ou processo inerente a esse ar, e cuja actuação impeça o balão de encher quando se sopra. Os seguintes exemplos de respostas ilustram a ideia chave que as explicações agrupadas na subcategoria C4 encerram:

“Enche pouco porque já tem ar lá dentro da garrafa que não vai deixar” (AP6).

“Não vai encher muito porque há ar aí dentro porque está fechado e ele não pode sair” (AS16).

4.4.1.3. Explicações construídas pelos alunos, após constatarem o reduzido enchimento do balão, quando se sopra para dentro dele

Numa última fase da entrevista (explicação do fenómeno) realizada com os alunos, pedia-se-lhes que, depois de terem constatado que o balão apenas enchia ligeiramente, mesmo soprando para dentro dele, construissem uma explicação para o observado. Os resultados obtidos e registados na tabela 29 revelam que, nas respostas dadas pelos alunos, foram identificados os mesmos tipos de explicação (descritivo e causal) utilizados aquando da justificação da previsão, continuando, assim, a verificar-se a ausência do tipo interpretativo.

Tabela 29

Características das explicações que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele

Tipos de explicação	Alunos do 1 ^o ciclo (n=25)		Alunos do 2 ^o ciclo (n=25)		Alunos do 3 ^o ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	17	68.0	7	28.0	5	20.0	29	38.7
Causal	8	32.0	18	72.0	20	80.0	46	61.3
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

No conjunto de todos os alunos desta amostra, os dois tipos de explicação identificados surgem com diferentes distribuições. Assim, a predominância é agora das explicações causais (46 alunos – 61.3%), em detrimento das explicações descritivas, que surgem em segundo plano, apesar de ainda serem identificadas em mais de um terço do total das respostas obtidas (29 alunos – 38.7%). Considerando os três subgrupos de alunos, continuam a ser os mais jovens (1^o ciclo) os que, nas respostas que dão, mais recorrem a explicações descritivas para fundamentar o reduzido enchimento do balão (17 alunos – 68.0%), enquanto que os de idades mais avançadas (2^o e 3^o ciclos) utilizam, preferencialmente, as explicações causais (18 e 20 alunos, respectivamente).

Conforme é visível através da comparação entre os dados inseridos nas tabelas 28 e 29, ocorreu uma diminuição, generalizada, do número de alunos que se servem de explicações descritivas (de 68 alunos passa para 29 alunos). Porém, acontece que o 1^o ciclo é o subgrupo onde se regista menor decréscimo do número de alunos que usam explicações desse tipo (de 23 alunos diminuiu apenas para 17), ao contrário do que se verifica quer no 2^o ciclo (de 24 alunos reduziu para sete), quer no 3^o ciclo (de 21 alunos passaram para cinco), onde o referido decréscimo é considerável. Na

sequência desta redução, ocorreu, em todos os subgrupos de alunos, um aumento do número dos que se serviram de explicações causais (de sete alunos passou para 46 alunos), sendo esse aumento mais acentuado nos alunos mais velhos (2º e 3º ciclos).

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Depois de analisado o conteúdo das respostas dadas pelos alunos, após a observação do fenómeno (reduzido enchimento do balão) e que contém explicações do tipo descritivo, apenas foi possível distribuí-las por três das cinco subcategorias já constituídas e descritas anteriormente, em 4.4.1.2 (quadro 34), especificamente, D2, D3 e D5 (quadro 36).

Quadro 36

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele (n=29)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=17)	2º C (n=7)	3º C (n=5)
D2: sopra-se ar para o balão; o ar volta a sair, o balão fica sem ar suficiente e não enche	3	—	—
D3: o balão está limitado pelo espaço da garrafa que, sendo estreita e apertada, não deixa espaço para o balão encher	11	4	3
D5: dentro da garrafa não existe ar, necessário ao enchimento do balão; o balão não pode encher	3	3	2

No caso da subcategoria D2, os dados expostos no quadro 36 mostram que, nas respostas dos alunos, somente três alunos do 1º ciclo apresentaram a ideia de que o ar soprado para o balão não permanece dentro dele. Curiosamente, antes da constatação do fenómeno, também três alunos do 2º ciclo (quadro 34) responderam desta forma. Aquele raciocínio, presente nas respostas dos referidos alunos, ilustra-se com alguns excertos das mesmas, como se segue:

“ [...] O balão quando está na mão ... como hei-de dizer ... está livre e ali está na garrafa e tem o buraco muito grande e quando a gente bufa ... não se consegue ... tudo o que a gente bufa sai logo” (AP3).

“O ar só cabe ali, até este bocadinho que está metido para dentro. O que a gente bufa entra no balão e depois sai” (AP12).

No que respeita à subcategoria D3, ainda de acordo com os dados apresentados nos quadros 34 e 36, ocorreu um considerável aumento do número de alunos (de sete alunos passa para 18 alunos) que, depois de terem constatado o fenómeno em questão, apresentam explicações com a ideia

geral: o balão não enche por causa da garrafa e/ou do gargalo (D3). Nota-se que este aumento ocorreu, de forma bastante acentuada, no subgrupo dos mais jovens (1º ciclo), na medida em que passam de três para 11 alunos. Quanto aos outros dois subgrupos (2º e 3º ciclos), apenas se verifica uma ligeira diferença (de dois alunos passa para quatro e para três alunos, respectivamente).

Como exemplos ilustrativos desta forma de explicar o reduzido enchimento do balão, apresentam-se os seguintes excertos de respostas, incluídas na subcategoria D3:

“Porque está dentro de uma garrafa que é estreita e o balão não tem espaço para encher” (AP1).

“Por causa da garrafa. É muito pequena e não dá para encher” (AP22).

“Como ele está cá dentro não enche. O balão não tem espaço para encher porque está dentro de uma garrafa de vidro. (AS1).

“Porque está num espaço muito pequeno. Porque ele ao encher, abre ... assim ... para os lados e encostava aqui no vidro e depois fechava outra vez” (AS21).

“Deve ser por causa disto aqui, do buraco ... e por ele estar aqui dentro. Quando eles enchem tomam a forma redonda e aqui não podia! (AT22).

“Eu acho que é por estar aqui dentro. Por estar dentro de uma garrafa. Cá fora já enchia! O ar que sopra fica aqui, no buraco” (AT23).

Em relação à subcategoria D5, os quadros 34 e 36 permitem constatar que aumentou, ainda que de forma pouco considerável, o número de alunos (de dois alunos passa para oito alunos) que atribuem à inexistência de ar, dentro da garrafa, a impossibilidade de o balão encher. Note-se que para o referido aumento, contribuiu o facto de os alunos mais novos (seis alunos), designadamente, dos 1º e 2º ciclos, passarem a formular explicações com estas características, depois de observarem o que aconteceu ao balão.

Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos de respostas que têm subjacente aquela ideia:

“Porque está dentro duma garrafa e como está fechada não tem ar lá dentro” (AP5).

“Porque dentro da garrafa não tem ar. Cá fora enchia logo, porque fora tem ar” (AP20).

“Não encheu por estar dentro de uma garrafa, porque não tinha ar lá dentro” (AS3).

“A garrafa não tem muito ar ... a garrafa se estivesse aberta estava sempre cheia de ar; assim fechada não tem ar, não tem nada. É por a garrafa não ter ar” (AS24).

“Porque não tem ar lá dentro para ele poder encher. Como ele não tem ar não tem ... como explico ... não tem condição para encher. Primeiro tapamos isto e não entrou ar nenhum. Depois o balão também não encheu, o que mostra que não tem ar”(AT10).

“Como você tapou com o balão, não tinha ar aqui dentro da garrafa e ao soprar, como não tem ar lá dentro, o balão não pode encher” (AT21).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Os resultados obtidos na análise às 46 respostas dos alunos, após a constatação do fenómeno em questão, e que foram classificadas como explicações causais, permitiram distribuí-las pelas quatro subcategorias (C1, C2, C3 e C4) consideradas aquando da explicação da previsão (quadro 35) e apresentadas, agora, de novo, no quadro 37.

Quadro 37

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram após observarem o reduzido enchimento do balão quando se sopra para dentro dele (n=46)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1 ^a C (n=8)	2 ^a C (n=18)	3 ^a C (n=20)
C1: a garrafa tem ar; este ar exerce pressão; esta pressão é maior que a pressão do ar que se sopra para o balão; o balão não enche.	1	3	10
C2: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume/lugar; como o ar não pode sair da garrafa, o balão fica sem espaço para encher	3	6	8
C3: a garrafa tem ar; esse ar como ocupa espaço e exerce pressão, o balão não consegue encher	—	1	2
C4: no interior da garrafa há ar; esse ar como está lá dentro e não consegue sair, não deixa o balão encher	4	8	—

A análise do referido quadro (quadro 37) mostra que, no conjunto das quatro subcategorias consideradas, C1 é uma das subcategorias que, em relação à primeira fase da entrevista (quadro 35) realizada com os alunos (explicação aquando da previsão), sofre aumento do número de alunos (de dois alunos eleva-se o número para 14 alunos). Este aumento do número de alunos que, depois de terem observado o que acontecia ao balão, caso se soprasse para dentro dele (ligeiro enchimento), atribuem ao conceito da pressão exercida pelo ar, existente dentro da garrafa, a “responsabilidade” pelo facto de o balão encher pouco, verificou-se nos três níveis de ensino considerados. Todavia, são os alunos menos jovens, ou seja, os do 3^o ciclo, os que, em maior número, dão explicações com estas características (10 alunos), continuando a verificar-se que nem todos se referem à diferença de pressão, designadamente, a pressão exercida pelo ar dentro da garrafa (maior pressão) e a pressão pelo ar que se sopra para o balão (menor pressão). Eis alguns exemplos de respostas que podem ilustrar o raciocínio nelas presente:

“O ar que tem dentro da garrafa empurra o balão; o ar do balão sai e ele não enche” (AP17).

“Tem ar dentro da garrafa e o ar que está dentro faz pressão” (AS12).

“O ar que ficou dentro da garrafa começou a fazer pressão contra o balão e não o deixou alargar” (AS15).

“Porque tem ar aqui dentro da garrafa. O ar da garrafa está a fazer pressão e não dá para o balão alargar. Nós ao soprar fazemos pressão para baixo, mas o ar da garrafa já está a fazer pressão para cima e não deixa que o balão se alargue” (AT8).

“É a pressão do ar que tem dentro da garrafa. Já tinha ar a garrafa. Ao pôr o balão, o ar não saiu, deixou de circular e ficou lá dentro. Faz pressão” (AT25).

Analisando os dados referentes à subcategoria C2, pode considerar-se que esta é, de facto, a subcategoria onde se regista o maior aumento do número de respostas, pois, de três alunos (quadro 35) passou para 17 alunos (quadro 37) nas quais os alunos mencionam a ocupação de espaço, por parte do ar, dentro da garrafa, como principal causa do ligeiro enchimento do balão, depois de terem observado o fenómeno. À semelhança do que se verificou em C1, também no caso desta subcategoria (C2) o referido aumento é progressivo, ou seja, o número de respostas vai crescendo à medida que se avança no nível de ensino, academicamente superior. A título ilustrativo, apresentam-se os seguintes exemplos de respostas, incluídas em C2:

“Eu acho que a garrafa tem ar. O ar não deixa que encha o balão, porque se não o ar não cabia lá dentro” (AP6).

“A garrafa já está cheia de ar. Com o ar lá dentro, o balão não enche porque não tem espaço. Não pode abrir mais” (AP10).

“Não tem espaço para encher por causa do ar que está dentro da garrafa. Dentro da garrafa já não tem espaço., porque a garrafa está cheia de ar. Esse ar está a ocupar espaço e não deixa espaço para o balão encher (AS11).

“O ar não pode passar para cima e ocupa este espaço todo da garrafa e o balão não enche” (AS20).

“Para entrar o ar do balão é preciso sair o outro ar que está aqui dentro da garrafa. Porque ao encher, ocupa espaço, mas como já está ocupado pelo outro ar, não cabem lá os dois” (AT6).

“Por causa do volume do ar. O balão ao encher vai ocupar um volume. A garrafa está totalmente cheia de ar e como esta parte aqui (gargalo) está tapado, faz com que não saia nenhum ar. O ar também já está aqui, na garrafa, a ocupar volume e como não sai, já não era possível encher” (AT9).

Ainda com base nos dados colocados no quadro 37, nota-se que são poucos os alunos que, mesmo depois de observarem que o balão enchia pouco, recorrem a explicações nas quais relacionem o espaço ocupado e a pressão exercida pelo ar dentro da garrafa (subcategoria C3). De facto, trata-se de um subtipo de explicação que revela um pouco mais de complexidade do que as que se incluem na subcategoria anterior, na medida em que se evidencia a conjugação de duas características gerais do ar, ou seja, para além de mencionarem a ocupação de espaço por parte do ar, os alunos ainda fazem referência à pressão que esse ar exerce, dentro da garrafa. Refira-se que das quatro subcategorias que o referido quadro expõe (quadro 37), esta é a única subcategoria que não incluiu nenhuma resposta

dada por alunos do 1º ciclo. Transcrevem-se, seguidamente, alguns extractos de respostas que ilustram a ideia geral presente nas referidas respostas dos alunos:

“Tem ar dentro do vidro. Esse ar está a ocupar o espaço da garrafa. A pressão do ar que tem lá dentro faz que não deixe encher porque também está tapado aqui” (AS8).

“Por causa do ar que a garrafa tem, impede o balão de encher. Como não tem por onde sair, ele lá dentro já está a ocupar espaço na garrafa. Depois há a pressão que ele faz” (AT14).

Por último, comparando os quadros 35 e 37, refira-se que também a subcategoria C4 passou a integrar respostas dadas por um maior número de alunos (de dois alunos aumentou o número para 12 alunos) e nas quais está presente a ideia geral de que o ar contido dentro da garrafa é o “responsável” (causa) pelo facto de o balão não conseguir encher (efeito). A subcategoria C4 nunca integrou respostas dadas por alunos do 3º ciclo, nem antes, nem depois da constatação do fenómeno. Algumas das respostas classificadas em C4 expõem-se, seguidamente:

“Porque tem o ar lá dentro. O balão, com o ar que a gente sopra, não pode encher porque tem também ar dentro da garrafa. O ar está dentro da garrafa para não deixar encher o balão” (AP15).

É o ar que está lá dentro. O ar da garrafa não pode sair, porque o balão está a tapá-lo. A gente sopra para lá para ele encher e ele não enche. O ar da garrafa não deixa ... por causa do oxigénio que está ali dentro da garrafa” (AP18).

“Dentro da garrafa tem oxigénio e não deixou. Um recipiente tem sempre oxigénio. Não se pode encher porque a garrafa tem oxigénio que está a impedir que o balão se encha” (AS10).

“Deve ser pelo ar, dentro da garrafa. Ainda por cima, a garrafa está presa/fechada e não deixa o ar descolar/sair” (AS18).

4.4.2. Situação 2: Papel dentro do copo

4.4.2.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao papel colocado dentro do copo

Nesta secção, apresentam-se os resultados (tabela 30) respeitantes à previsão efectuada pelos alunos, acerca do que consideravam que sucederia ao papel colocado dentro do copo, assim que se invertesse e se mergulhasse este dentro de água (figura 26, p. 196).

A análise da tabela 30 mostra que nenhum dos alunos intervenientes neste estudo deixou de formular uma previsão acerca do que aconteceria ao papel colocado dentro do copo. De acordo com os resultados obtidos, constata-se que as opiniões dos alunos encerram duas ideias distintas,

nomeadamente: “o papel fica molhado”, prevista por cerca de três quartos dos alunos (55 alunos – 73.4%); “o papel fica seco”, considerada por cerca de um quarto dos alunos (20 alunos – 26.6%).

Tabela 30

Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao papel quando se inverte e se mergulha o copo dentro de água

Comportamentos previstos	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
O papel fica molhado	23	92.0	18	72.0	14	56.0	55	73.4
O papel fica seco	2	8.0	7	28.0	11	44.0	20	26.6

Assim, em cada um dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), surge um número bastante considerável de alunos (23, 18 e 14 alunos, respectivamente) que faz uma previsão incompatível (“o papel fica molhado”) com o que, efectivamente, acontece, número esse que é cada vez menor, à medida que se avança do 1º para o 3º ciclo.

4.4.2.2. Explicações construídas pelos alunos para justificar as previsões que elaboraram para o papel colocado dentro do copo

Depois de os alunos terem apresentado as duas hipóteses para o papel colocado dentro do copo e apresentadas na secção anterior, passaram à fundamentação dessas previsões, de cuja análise resultaram os dados que a tabela 31 sintetiza.

Tabela 31

Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel colocado dentro do copo

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	23	92.0	22	88.0	18	72.0	63	84.0
Causal	2	8.0	3	12.0	7	28.0	12	16.0
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

Analisando os referidos dados (tabela 31), sobressai uma configuração desnivelada, no que respeita aos tipos de explicação identificados nas respostas dos alunos. Nenhum aluno recorreu a explicações interpretativas. Porém, é elevado o número (63 alunos – 84.0%) dos que dão respostas

que contêm explicações descritivas e bem menor o número de alunos (12 alunos – 16.0%) que se servem de explicações causais

Considerando, separadamente, cada um dos três níveis de ensino, verifica-se que são os alunos dos níveis etários mais baixos (1º e 2º ciclos) os que, quase na totalidade, fundamentam as previsões recorrendo a explicações do tipo descritivo (23 alunos e 22 alunos, respectivamente), sendo muito poucos os que apresentam explicações classificadas como causais (dois e três, respectivamente). Assim, é visível que, avançando-se no nível de escolaridade, diminui, progressivamente, o número de alunos que utiliza explicações descritivas, aumentando, por conseguinte, o número dos que usam as explicações causais.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As subcategorias pelas quais se distribuíram as 63 respostas dos alunos que contêm explicações descritivas são quatro, nomeadamente, D1, D2, D4 e D5 (quadro 38). Duas dessas subcategorias (D1 e D2) foram consideradas e apresentadas no estudo anterior (quadro 15), enquanto que as outras duas (D4 e D5) se constituíram para representar duas novas ideias gerais, surgidas nas respostas dos alunos.

Quadro 38

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel (n=63)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=23)	2º C (n=22)	3º C (n=18)
D1: como a altura de água não é suficiente, a água não consegue entrar no copo e chegar ao papel.	–	2	2
D2: o copo ao bater no fundo da tina, impede a entrada da água; o papel não se molha.	–	2	3
D4: a água como é líquida, molha tudo em que toca; a água entra no copo, sobe e molha o papel	23	18	12
D5: o copo está dentro da água; como lá dentro não existe ar, a água não consegue entrar	–	–	1

Relativamente à subcategoria D1, os dados inseridos no quadro 38 mostram que são poucos os alunos (quatro alunos) que justificam a previsão feita (“o papel fica seco”), referindo-se à insuficiência de água, dentro da tina. Baseando-se no que observam e conhecem do dia a dia (pouca água não chega para molhar), muitos dos alunos, quando lhes foi proposto colocar mais água, já

admitiam que, com mais água, esta chegaria ao papel, molhando-o. Ilustra-se esta forma de explicar, presente nas respostas de dois alunos do 2º ciclo e de dois alunos do 3º ciclo, com os excertos de respostas que se transcrevem de seguida:

“A água não chega lá e ele não se molha. Não enche a superfície até chegar ao papel” (AS16).

“Não se molha porque a água não é suficiente para chegar lá” (AS23).

“Acho que fica normal, seco, porque não entra água. Não chega lá” (AT22).

“Porque a água não chega a bater no papel. Tem o papel no fundo e a água não sobe” (AT24).

No que respeita à subcategoria D2, as explicações que agrupa continuam a suportar-se no que é observável ou conhecido dos alunos. Estes mostram-se convictos de que o copo protege o papel, impedindo a entrada da água, pois, segundo dizem, quando o copo encosta no fundo da tina forma uma barreira à entrada da água. Pela observação do quadro 38, constata-se que, tal como na subcategoria anterior (D1), também neste subtipo de explicação (D2) somente cinco alunos (dois alunos do 2º ciclo e três alunos do 3º ciclo) mencionam a protecção conferida pelo copo ao papel, como impedimento à entrada da água. Eis alguns exemplos de excertos de explicações construídas pelos referidos alunos e que foram classificadas na subcategoria D2:

“Porque se vai mesmo com o copo até ao fundo. E assim, a água não pode entrar. A água só ficou dos lados; no meio não conseguiu chegar” (AS11).

“Porque o copo, talvez o rebordo, ... fica tipo uma muralha e não deixa passar a água. Chega ao fundo e tapa” (AS19).

“O nível da água vai subir, por fora, e dentro do copo não vai ficar nada. O copo vai estar a mais na água; não vai deixá-la entrar no copo” (AT11).

“Porque o copo é mais alto e a parte do copo que vai entrar na água e chegar ao fundo não vai deixar a água entrar e chegar ao papel. O copo acaba por impedir” (AT17).

A análise dos dados que o quadro 38 expõe mostra que sobressai um número bastante considerável de alunos (53 alunos) que dão respostas cuja ideia geral se centra num dos estados físicos da água (estado líquido) e que, por isso, foram classificadas na subcategoria D4. Esta ideia é reforçada, em alguns casos, com um firme “claro que fica molhado”, como que de algo muito lógico e óbvio se tratasse, o que acaba por revelar que estão convictos da entrada da água e da sua capacidade de molhar o que quer que seja.

Os resultados apresentados no quadro 38 mostram que esta forma de fundamentar as previsões foi a mais usada pelos alunos mais jovens, quer os do 1º ciclo (23 alunos), quer os do 2º ciclo (18 alunos). Quanto aos alunos mais velhos (3º ciclo), foram os que, em menor número (12

alunos), recorreram a esta forma de explicar a previsão efectuada. Apresentam-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas, ilustrativos das explicações incluídas na subcategoria D4:

“Porque se metemos dentro de água, as coisas que metemos sempre dentro da água ficam molhadas” (AP2).

“Porque isto está cheio de água. Em contacto com o papel, a água molha-o” (AP18).

“A água entre e como é líquida, molha o papel” (AS14).

“Porque é papel e os papéis com a água molham-se” (AS15).

“Põe-se o copo e a água sobe; o nível da água sobe e chega ao papel” (AT1).

“A água vai subir até ao papel e o papel vai molhar-se” (AT25).

A subcategoria D5 contém uma única explicação, dada por um aluno do 3º ciclo. Ao que parece, o aluno justifica o que ele pensa que se passa nesta situação problemática (a água não entra no copo porque lá dentro não existe ar), por comparação com as necessidades dos seres vivos (o ar é indispensável às necessidades dos seres vivos). O extracto de resposta que se segue ilustra esta ideia:

“Talvez porque ... não sei ... não há oxigénio.... A parte que fica dentro do copo não tem oxigénio” (AT4).

iii) Subcategorias formadas para as explicações causais

A observação do quadro 39 mostra que as 12 explicações causais construídas pelos alunos, para fundamentar os dois comportamentos que previram para o papel colocado dentro do copo, foram repartidas por quatro subcategorias, especificamente, C1, C2, C3 e C4, sendo as mesmas que já foram apresentadas em 4.3.2.2, no quadro 16.

Quadro 39

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o papel (n=12)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=3)	3º C (n=7)
C1: dentro do copo tem ar; o ar ocupa espaço; ao introduzir-se o copo dentro de água, o ar que está lá dentro ocupa o espaço que seria necessário para a água entrar e molhar o papel.	–	–	1
C2: dentro do copo existe ar; o ar exerce pressão sobre a água; a água não consegue entrar e molhar o papel.	–	1	–
C3: o copo tem ar; ao mergulhar o copo dentro de água, o ar do copo comprime-se, diminuindo o volume; o ar continua a ocupar espaço e a água não entra.	–	–	1
C4: dentro do copo existe ar; esse ar não consegue sair; então, a existência do ar dentro do copo impede/não deixa a água entrar e molhar o papel.	2	2	5

Em relação à subcategoria C1, constata-se (quadro 39) que somente um aluno do 3º ciclo recorreu a esta ideia na fundamentação da previsão do fenómeno. Este subtipo de explicação representa uma ideia geral que se centra na ocupação de espaço, por parte do ar contido dentro do copo. Porém, usando esta ideia para argumentar a favor da previsão feita (“o papel fica molhado”), o aluno estabelece uma relação de causa-efeito, mas com uma explicação diferente que foi considerada (secção 4.3.2.2, quadro 16) nas respostas dadas pelos docentes (o ar ocupa espaço dentro do copo → o ar não sai → a água não entra). Assim, o aluno admitiu: o ar ocupa espaço dentro do copo → o ar sai do copo → a água entra e molha o papel.

Expõe-se, seguidamente, um excerto da resposta dada pelo aluno em questão:

“Ao pôr-se o copo, sai o ar de dentro do copo ... que estava lá a ocupar e ... e entra água lá para dentro. A água, portanto, enche o copo e molha o papel” (AT5).

Verifica-se, ainda, de acordo com os dados incluídos no quadro 39, que somente um aluno, pertencente ao 2º ciclo, apresentou uma resposta que continha a ideia que a subcategoria C2 representa (a pressão exercida pelo ar dentro do copo é motivo para a água não poder entrar no copo, e, por isso, não chegar ao papel). Neste subtipo de explicação, o referido aluno apenas menciona a pressão exercida pelo ar, não avançando para a diferença de pressão, dentro e fora do copo, diferença esta que havia sido considerada nas respostas dadas pelos professores (20 professores) e apresentadas no quadro 16. A subcategoria C2 pode ser ilustrada pelo seguinte excerto da resposta dada pelo referido aluno:

“A pressão que faz o ar do copo não deixa a água entrar e a água vai para os lados” (AS12).

No que respeita à subcategoria C3, somente um aluno, pertencente ao 3º ciclo (quadro 39), apresentou uma resposta que foi inserida nesta subcategoria, cuja ideia principal se refere a uma característica geral do ar, especificamente, a diminuição de volume do ar, quando é submetido a uma compressão. Todavia, e de uma forma mais consistente do que a que foi considerada na resposta dada por um professor (o ar comprimido diminui de volume → continua a ocupar algum espaço → não entra nenhuma água dentro do copo), apresentada em 4.3.2.2. (quadro 16), o aluno tem a noção de que o ar, quando é comprimido, ocupa menos espaço e, por isso, foi possível entrar alguma água,

para dentro do copo, pelo que “o papel fica molhado”. Assim, o raciocínio que a referida explicação envolve pode ilustrar-se no extracto que se segue:

“O ar vai ficar dentro do copo (lá tem ar); suponho que há uma parte da água que vai entrar e ocupar os espaços livres, obrigando o ar a ficar mais concentrado. O resto da água que não conseguir entrar, vai ficar de fora” (AT3)

A subcategoria C4 representa a ideia mais usada pelos alunos (nove alunos) que se serviram de explicações causais (12 alunos) nas fundamentação das previsões feitas e nas quais atribuem ao ar a “responsabilidade” pelo facto de a água não entrar dentro do copo e chegar ao papel. Todavia, esta relação causal surge de forma implícita, uma vez que não é explicitado de que forma esse ar/”oxigénio” actua dentro do copo; apenas o referem como causa principal.

As informações expostas, ainda no quadro 39, informam que, em qualquer um dos três subgrupos (1º, 2º e 3º ciclos), há alunos (dois, dois e cinco alunos, respectivamente) a justificar desta forma as previsões que elaboraram mas, conforme se constata, com maior incidência nos alunos de idades mais avançadas (3º ciclo).

Ilustra-se esta forma de explicar com os seguintes excertos de respostas:

“A água não chega a entrar no copo porque lá dentro tem ar que não deixa” (AP4).

“Acho que não se molha porque o ar que está aqui dentro vai fazer ... como vai ser posto assim, o ar não vai escapar daí e não vai deixar entrar a água. Vai conservar o papel” (AP24).

“O papel não vai ficar molhado porque o ar que está dentro do copo como não vai poder sair, a água não vai poder entrar” (AS8).

“Não molha porque tem ar dentro do copo e esse ar não vai deixar que a água passe” (AS9).

“Vai ficar seco porque tem aqui dentro ar. Se inclinasse um bocado o copo, o ar saía. Assim, como o ar não vai sair pelo meio da água, o ar acaba por impedir que a água suba à superfície e molhe o papel” (AT9).

“Fica seco ... aí ... como é que eu hei-de explicar? Eu sei que a água não entra dentro do copo por causa do ar que está dentro do copo! ... Não deixa a água entrar” (AT18).

4.4.2.3. Explicações construídas pelos alunos, depois de observarem que o papel, colocado dentro do copo, se mantém seco

Após a execução da actividade laboratorial que permitiu aos alunos constatar que o papel continuava seco, depois de se mergulhar dentro de água o copo onde o papel amarrotado se encontrava, obtiveram-se os resultados que se registaram na tabela 32.

Tabela 32

Características das explicações que os alunos construíram após observarem que o papel se mantém seco

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	14	56.0	8	32.0	6	24.0	28	37.4
Causal	11	44.0	17	68.0	19	76.0	47	62.6
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

Comparando-se as tabelas 31 e 32, constata-se uma configuração semelhante à delineada na secção anterior, aquando da análise das fundamentações das previsões efectuadas pelos alunos, antes de observarem que o papel se conservava seco, mesmo depois de se mergulhar o copo dentro de água. Continuam a identificar-se, nas respostas dos alunos, os mesmos dois tipos de explicação (descritivo e o causal), bem como a manter-se a ausência do tipo de explicação interpretativo (tabela 32).

É também evidente que diminuiu para cerca de metade (de 63 alunos passou para 28 alunos) o número dos alunos que, depois da observação do que acontece ao papel, recorrem às explicações descritivas. Em contrapartida, aumentou, para cerca do quádruplo, comparativamente com a fase da pré-observação (de 12 alunos passa para 47 alunos), o número de alunos que utilizam explicações causais. O 1º ciclo é o subgrupo que apresenta menor redução do número de alunos que usam as explicações descritivas (de 23 reduziu para 14), sendo essa diminuição mais acentuada quer no 2º ciclo (de 22 alunos reduziu para oito), quer no 3º ciclo (de 18 alunos passaram para seis). Deste modo, à medida que se progride no nível de escolaridade (do 1º para o 3º ciclo), é cada vez menor o número de alunos que se servem de explicações descritivas e, por conseguinte, é cada vez maior o número dos que recorrem às explicações causais.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As 28 respostas dos alunos que contêm explicações descritivas e formuladas após os mesmos constatarem que o papel se mantinha seco, foram distribuídas por três subcategorias (D1, D2 e D5), das quatro consideradas anteriormente (D1, D2, D4 e D5) e descritas no quadro 38. Os resultados da aplicação das subcategorias D1, D2 e D5, às respostas dos alunos, expõem-se no quadro 40.

Quadro 40

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem que o papel se mantém seco (n=28)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=14)	2º C (n=8)	3º C (n=6)
D1: como a altura de água não é suficiente, a água não consegue entrar no copo e chegar ao papel.	—	3	—
D2: o copo ao bater no fundo da tina, impede a entrada da água; o papel não se molha.	14	4	5
D5: o copo está dentro da água; como lá dentro não existe ar, a água não consegue entrar	—	1	1

A subcategoria D1 apenas reúne três respostas de alunos pertencentes ao 2º ciclo, pois, os alunos mais velhos (3º ciclo) deixaram de explicar desta forma, depois de observarem o que acontecia ao papel. Pelo confronto dos resultados inseridos nos quadros 38 e 40, nota-se que, no subgrupo do 2º ciclo, o número de alunos que usa esta ideia (a altura da água é insuficiente para chegar ao papel e molhá-lo) é, ligeiramente maior (três alunos) do que o número dos que a usaram (dois alunos) para fundamentar a previsão (“o papel fica seco”). Para ilustrar esta forma de explicar, transcrevem-se, de seguida, duas das respostas dadas pelos referidos alunos:

“Tem pouca quantidade de água. Esta quantidade de água não chega para molhar o papel. Se virar o copo de lado ...” (AS6).

“Ficou por aqui, por fora, o nível da água. Não tem água suficiente para chegar lá ao cimo” (AS22).

No caso da subcategoria D2, verifica-se (quadro 40) que agrupa mais de três quartos (23 alunos) das explicações descritivas construídas pelos alunos (28 alunos), sobressaindo, portanto, um acentuado aumento do número de alunos que recorrem a esta ideia, comparativamente (quadro 38) com a fase da pré-observação (cinco alunos). De facto, a grande maioria dos alunos, nomeadamente, os do 1º ciclo (14 alunos), considera que o facto de o papel se conservar seco, mesmo depois de mergulhar o copo em água, se deve ao facto de impedir a entrada da água, assim que toca no fundo da tina. Apresentam-se os seguintes exemplos das respostas dadas, integradas na subcategoria D2:

“Eu acho que é por causa do copo. Ele bate no fundo e não deixa a água entrar. Ao princípio, o copo é mais largo e depois afunila ... É, é o copo que não deixa” (AP16).

“A água vai subindo por fora. Por o copo ser pesado, ele não deixa a água entrar. É muito redondo e ao cair em baixo, não deixa a água entrar. Fica como se fosse “fechado” para a água”. (AP23).

“É o copo que não deixa entrar a água. É a base, o rebordo do copo É como um barco! Também não deixa a água entrar! (AS1).

“Porque a posição do copo não deixa passar a água. O copo tapa o buraco, ao pôr-se em baixo. Ao pôr, a água não tem tempo de entrar, porque o copo tapa logo” (AS21).

“Se calhar ... o copo ... Será porque ele está a entrar assim, a direito, entra completamente e tapa a entrada da água. Se fosse de lado, se calhar já entrava a água” (AT21).

“Pode ser o copo. Por ele ir ao fundo e tapa. Se meter inclinado, na horizontal, já entra! Na vertical a água espalha-se e na horizontal ela entra. (AT23).

Para a explicação do fenómeno observado, o número de alunos que recorre a esta ideia (23 alunos) é bastante maior do que o que tinha sido considerado pelos professores (quadro 15), dado que apenas dois docentes admitiram esta forma de explicar o fenómeno, por parte dos alunos.

No que respeita à subcategoria D5, confrontando os resultados que o quadro 40 descreve, com os que o quadro 38 apresenta, constata-se que são muito próximos os números dos alunos que usam esta ideia, quer antes (um aluno do 3º ciclo), quer depois da constatação do fenómeno (um aluno do 2º ciclo e outro do 3º ciclo).

As respostas dos referidos alunos são as que de seguida se transcrevem:

“Porque não tem ar. Falta ar aqui dentro do copo, quando se mergulha dentro de água. Se você fizesse assim, inclinasse, a água já entrava, por causa do ar que entra assim para aqui. É como se não estivesse aqui a tapar esta entrada” (AS14).

“Se calhar o problema está quando estamos a pôr o copo! Ao pôr o copo para baixo, ele perde ar. A água não consegue subir porque não tem ar” (AT10).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Em relação às 47 respostas apresentadas pelos alunos, para explicar o facto de o papel continuar seco e que foram classificadas, por nós, como explicações do tipo causal, o quadro 41 permite ver que foram repartidas por três subtipos de explicação, designadamente, C1, C2 e C4, dos quatro subtipos considerados anteriormente (quadro 39), nomeadamente, antes da observação do fenómeno.

No que respeita à subcategoria C1, os dados colocados no quadro 41 evidenciam que são 15 os alunos (cerca de um quarto) que usaram esta forma de explicar (o ar está a ocupar espaço dentro do copo) o fenómeno em causa, depois de observarem que o papel se mantinha seco, enquanto que, antes dessa observação, somente foi identificada uma explicação com estas características, nas respostas dadas (quadro 39).

Quadro 41

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem que o papel se mantém seco (n=47)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=11)	2º C (n=17)	3º C (n=19)
C1: dentro do copo contém ar; o ar ocupa espaço; ao introduzir-se o copo dentro de água, o ar que está lá dentro ocupa o espaço que seria necessário para a água entrar e molhar o papel	3	6	6
C2: dentro do copo existe ar; o ar exerce pressão sobre a água; a água não consegue entrar e molhar o papel	3	4	9
C4: dentro do copo tem ar; esse ar não consegue sair; então, a existência do ar dentro do copo impede/não deixa a água entrar e molhar o papel	5	7	4

Foram os alunos dos 2º e 3º ciclos que, em igual número (seis alunos, em cada subgrupo), recorreram a esta ideia, enquanto que os alunos do 1º ciclo responderam desta forma em número muito reduzido (três alunos). Esta ideia geral pode ser ilustrada através dos seguintes extractos de respostas:

“É o ar que está dentro do copo. Quando pusemos o papel estava também ar lá dentro. E assim como o papel ocupa espaço, o ar também ocupa. E a água não pode entrar, se meter o copo, assim deitado, o ar começa a sair e dá lugar à água” (AP12).

“... A não ser que o ar ... se inclinar assim o copo, depois o ar sai e a água já entra. Se o ar sai fica fora do copo, já não ocupa espaço e a água já pode entrar” (AP24).

“Está lá dentro do copo oxigénio ou um gás que já está a ocupar o volume e não deixa a água entrar” (AS4).

“Por causa do ar que está dentro do copo. Não deixa a água entrar. O papel já está a ocupar metade do espaço e depois, o resto do espaço que resta, está ocupado pelo ar” (AS9).

“O ar que está dentro do copo ... não deixa a água entrar. Está a ver? Se inclinar ... Vê? Está a sair o ar que está aqui dentro, liberta-se um bocado desse ar e a água começa a entrar e a ocupar o espaço que estava ocupado pelo ar, pelos átomos do oxigénio” (AT3).

“Porque o copo tem ar, tem oxigénio. Então, ao pôr-se o copo na tina, o ar, o oxigénio do copo, continua lá, fica igual e, por isso, é que o nível da água, como já não tem espaço dentro do copo, sobe por fora. Se não fosse por causa do ar, o nível da água ficava igual, porque a água entrava no copo” (AT5).

A subcategoria C2 constitui um caso semelhante ao verificado na subcategoria anterior (C1), quanto ao facto de os alunos, em número considerável (16 alunos), usarem esta ideia (o ar contido dentro do copo exerce pressão), depois de terem observado o fenómeno em questão (antes da observação, somente um único aluno explicou desta maneira).

Segundo os dados do quadro 41, nota-se que são, sobretudo, os alunos mais velhos (3º ciclo) os que, em maior número, usam esta forma de explicar o fenómeno (nove alunos). Nos outros dois

subgrupos (1º e 2º ciclos), são muito menos os que a utilizam (três e quatro alunos, respectivamente). Ainda que alguns alunos, nomeadamente, os mais novos, substituam o termo pressão por outros vocábulos, tais como “força”, “sopra”, “empurra”, presume-se, todavia, que pretendem referir-se à pressão do ar. Porém, tal como na fundamentação das previsões (quadro 39), continuam a referir, apenas, a pressão exercida pelo ar, dentro do copo e a não mencionar a diferença de pressão entre a pressão exercida pelo ar dentro do copo invertido sobre a água (maior pressão) e a pressão exercida pela água (menor pressão). Como exemplos de respostas nas quais se encontram explicações com estas características, apresentam-se os seguintes:

“Dentro do copo tem ar. O ar empurra a água para os lados que depois vem para cima. Senti isso, agora mesmo, quando meti o copo. Só podia ser do ar. Se o copo não tivesse ar a água entrava” (AP6).

“Deve ser o ar que está dentro do copo. Porque o ar é uma coisa que “sopra” para dentro do copo e não deixa a água entrar” (AP13).

“Sinto uma pressão ao meter o copo... É o oxigénio dentro do copo. Ao pôr-se o copo, aí dentro da água, fica o oxigénio preso e impede a água de entrar” (AS10).

“Ah! É por causa do ar do copo! Até ao papel tem ar que está a fazer pressão e não deixa a água entrar. Se metesse o copo de lado, assim o ar já saía, deixava de fazer pressão e a água já podia entrar” (AS15).

“A água afasta-se para os lados. É a pressão do ar que está dentro do copo. Assim (na vertical), há ar e não deixa entrar a água. Faz pressão sobre a água e ela não entra” (AT6).

“O ar não deixa a água passar para dentro do copo. Faz muita pressão” (AT19).

No que respeita à subcategoria C4, os dados expostos no quadro 41 revelam que este subtipo de explicação contém a ideia “o ar existente dentro do copo impede/não deixa a água entrar”, adoptada por 16 alunos (número de alunos igual ao da subcategoria C2), notada, sobretudo, nos mais novos (1º e 2º ciclos) e que representa quase o dobro do número de alunos (nove alunos) que a usaram para justificarem os comportamentos previstos para o papel (quadro 39). A fim de ilustrar esta forma de justificar o facto de o papel continuar seco, apresentam-se as seguintes respostas:

“Tem ar lá dentro do copo e não deixa que a água entre. Na vertical o ar fica retido lá dentro. Deitado, já tem por onde escapar o ar e entra a água” (AP10).

“É por causa do ar. Quando a professora põe o copo na água, apanha ar e leva o ar até ao fundo da bacia. O copo está a prendê-lo lá em baixo. Para a água entrar tinha de retirar o ar” (AP15).

“É o ar que está dentro do copo que não consegue sair e fica lá e o nível da água sobe. O nível da água que subiu corresponde ao volume que devia existir lá dentro do copo. Mas como existe lá ar, porque em todas as coisas existe ar, o ar não a deixou entrar” (AS5).

“Porque dentro do copo tem oxigénio que não deixa a água entrar. Impede. A água sobe e não entrar porque esse oxigénio está lá dentro fechado e não deixa. É como se tivesse uma barreira para não entrar (AS7).

“O ar que está dentro do copo não deixa que a água entre. O copo ao entrar na água, o ar fica lá dentro e não deixa que a água entre no copo” (AT2).

“Por causa do ar que está lá dentro do copo. O ar só podia sair ali por baixo, mas como está tapado, não sai e a água não consegue entrar” (AT11).

4.4.3. Situação 3: Êmbolo da seringa

4.4.3.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao êmbolo da seringa quando é pressionado, depois de se tapar com o dedo o orifício da seringa

Em relação a esta situação problemática (figura 27, p. 208), os alunos eram solicitados a prever qual seria o comportamento do êmbolo da seringa, se o tentassem empurrar, depois de se encher a seringa com ar e tapar com o dedo o orifício da mesma. Segundo os dados obtidos na análise das respostas dos alunos e que a tabela 33 regista, evidenciam-se três opiniões acerca do que aconteceria ao êmbolo da seringa, quando fosse pressionado.

Tabela 33

Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao êmbolo da seringa quando é pressionado

Comportamentos previstos	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
O êmbolo desce todo	3	12.0	2	8.0	—	—	5	6.7
O êmbolo desce pouco	2	8.0	3	12.0	10	40.0	15	20.0
O êmbolo não desce	20	80.0	20	80.0	15	60.0	55	73.3

Contudo, com base nos dados obtidos, constata-se não só uma distribuição desequilibrada dos sujeitos por cada um dos três comportamentos previstos para o êmbolo, mas também um elevado número de alunos que não conseguiu fazer previsões compatíveis com o que, realmente, acontecia. Assim, uns consideram que “o êmbolo desce todo” (cinco alunos – 6.7%), outros supõem que “o êmbolo não desce nada” (55 alunos – 73.3%), notando-se que só um quinto (15 alunos) dos alunos faz previsões consistentes com o que, na realidade, acontece com o êmbolo (“o êmbolo desce pouco”).

Ainda, em conformidade com os dados obtidos (tabela 33), verifica-se que os 1º e 2º ciclos são os subgrupos em que mais alunos fazem previsões incompatíveis com o que se passa (23 e 22 alunos, respectivamente). Por sua vez, os alunos do 3º ciclo são os que, em maior número (10 alunos), efectuam uma previsão compatível com o que, na verdade, se passa (“o êmbolo desce pouco”) e os únicos que não admitem a descida total do êmbolo.

4.4.3.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o êmbolo

Pretendendo-se conhecer a forma como os alunos fundamentavam os três comportamentos que previram para o êmbolo, procedeu-se à análise do conteúdo das respostas por eles dadas, tendo-se inserido, na tabela 34, os dados resultantes dessa análise.

Tabela 34
Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	4	16.0	—	—	—	—	4	5.3
Causal	21	84.0	25	100.0	24	96.0	70	93.4
Interpretativo	—	—	—	—	1	4.0	1	1.3

A análise da referida tabela mostra que, no conjunto de todas as respostas dadas, se identificaram três tipos de explicação (descritivo, causal e interpretativo). Porém, os alunos não se distribuem, uniformemente, pelos três tipos, quer no conjunto total dos alunos, quer quando se considera cada um dos níveis de ensino, separadamente. Assim, a contrastar com os 70 alunos que responderam recorrendo a explicações causais (93.4%), surgem, apenas, quatro alunos que usaram explicações descritivas (5.3%) e um só aluno cuja resposta continha uma explicação classificada como interpretativa (1.3%).

Em nenhum dos três subgrupos de alunos (1º, 2º e 3º ciclos) foram identificados os três tipos de explicação, verificando-se, apenas, o uso de um tipo de explicação (causal) pelos alunos do 2º ciclo ou de dois tipos de explicação, quer pelos alunos do 1º ciclo (descritivo e causal), quer pelos do 3º ciclo (causal e interpretativo). Refira-se que somente nas respostas apresentadas pelos alunos do 1º ciclo se identificaram explicações do tipo descritivo.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

Conforme o quadro 42 expõe, as quatro respostas apresentadas por alunos do 1º ciclo, nas quais se identificaram explicações do tipo descritivo, agruparam-se em duas subcategorias,

especificamente, D2 e D3. Destes dois subtipos de explicação, um deles (D2) já foi constituído e descrito em 4.3.3.2 (quadro 19), enquanto que o outro subtipo (D3) foi agora definido, a partir de uma nova ideia presente nas respostas dos alunos.

Quadro 42

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo (n=4)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1 ^º C (n=4)	2 ^º C (n=0)	3 ^º C (n=0)
D2: pressiona-se o êmbolo; o êmbolo exerce pressão na seringa e desce	3	—	—
D3: o orifício está tapado e impede a descida do êmbolo	1	—	—

No caso da subcategoria D2, são apenas três alunos (1^º ciclo) que, nas respostas que deram, incluíram a ideia geral que a referida subcategoria representa (o êmbolo ao ser empurrado desce até baixo), conforme se pode verificar pelos dois exemplos de resposta que a seguir se transcrevem:

“Vai descer com a força de empurrar o êmbolo” (AP9).

“Carrega-se com muita força no êmbolo e ele vai todo até baixo” (AP15).

Em relação à subcategoria D3, verifica-se, ainda com base nos dados inseridos no quadro 42, que somente um aluno (1^º ciclo) justifica a impossibilidade de o êmbolo descer referindo o facto de o orifício da seringa estar tapado com o dedo. Esta ideia geral não surgiu nas explicações que os professores consideraram que os alunos deveriam ser capazes de dar (quadro 19) e foi apresentada pelo referido aluno, como a seguir se expõe:

“Não consegue descer até ao fundo porque está tapado” (AP14).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Agruparam-se, em cinco subcategorias, designadamente, C1, C2, C3, C4 e C5 (quadro 43), as 70 respostas nas quais se identificaram explicações causais, apresentadas pelos alunos para fundamentar os três comportamentos previstos para o êmbolo, antes de constatarem o que, efectivamente lhe acontecia, assim que era pressionado.

Quadro 43

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo (n=70)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=21)	2º C (n=25)	3º C (n=24)
C1: dentro da seringa tem ar; esse ar ocupa espaço/volume; logo, o êmbolo fica sem espaço para descer.	3	5	4
C2: dentro da seringa tem ar; ao pressionar o êmbolo, o ar que está dentro da seringa comprime-se, mas só até certo ponto, continuando a ocupar espaço; o êmbolo não desce.	1	—	5
C3: dentro da seringa tem ar; esse ar está a exercer pressão; quando se pressiona o êmbolo; logo, o êmbolo não desce.	3	3	3
C4: dentro da seringa tem ar; esse ar ao ser comprimido/pressionado pelo êmbolo diminui o volume e, consequentemente, aumenta a pressão dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce.	—	—	2
C5: a seringa tem ar; como esse ar não pode sair porque o dedo está a tapar/impedir o ar de sair, o êmbolo não desce.	14	17	10

A primeira subcategoria (C1) descrita no quadro 43 reúne as respostas de 12 alunos e, na ideia geral que representa, somente é referida uma característica do ar (ocupação de espaço), sem mais articulações com outras características e/ou referência a outros conceitos. Nas respostas dadas, embora os 12 alunos demonstrassem não só possuir a mesma ideia chave (o ar ocupa espaço), mas também acreditar que duas coisas (o ar e o êmbolo) não podem ocupar, simultaneamente, o mesmo espaço (interior da seringa), deram, contudo, explicações diferentes. Assim, enquanto que uns admitiram que o ar não sai da seringa, ficando a ocupar o espaço de que o êmbolo precisaria para descer (e, por isso, “o êmbolo não desce” (nove alunos) ou “o êmbolo desce pouco” (um aluno)), outros, de forma contrária, admitiram que o ar sai da seringa, desocupando o seu interior (e, por isso, “o êmbolo desce todo” (dois alunos)).

De acordo com os dados expostos no quadro 43, nota-se que os grupos que mais usam esta forma simples e directa, para justificar as previsões elaboradas, são os constituídos por alunos de idades mais avançadas, nomeadamente, os dos 2º e 3º ciclos (cinco e quatro alunos, respectivamente), pois, somente três alunos dos mais novos (1º ciclo) argumentam, deste modo, a favor das previsões que fizeram. Os seguintes excertos de respostas ilustram esta forma de explicar:

“Não dá para descer. Se não, o ar não cabe lá dentro” (AP6).

“Porque tem ar lá dentro e não deixa. Como está tapado, não tem sítio para onde ir. O ar que está lá dentro como ocupa espaço ...” (AP10).

“Não vai conseguir porque o ar ocupa espaço e não vai conseguir meter para fora o ar que está aqui dentro” (AS9).

“Não se mexe por causa do ar. Ocupa espaço e não deixa que o êmbolo vá” (AS23).

“Não consegue porque o ar lá contido não pode sair e, por isso, o êmbolo não se pode mexer. O ar está a ocupar aquele espaço todo” (AT11).

“Os 50 ml estão com ar. E o ar ocupa espaço. O ar está preso e não sai, mesmo carregando” (AT16).

No caso das explicações incluídas na subcategoria C2, os alunos além de referirem que o ar existente dentro da seringa ocupa espaço, acrescentam, ainda, referências à compressibilidade do mesmo. Segundo eles, a compressibilidade do ar tem limites, pelo que, mesmo depois de ser comprimido (neste caso, pelo êmbolo), continua a ocupar espaço, pelo que “o êmbolo não desce” (dois alunos) ou “o êmbolo desce pouco” (quatro alunos). Nas respostas que dão, alguns alunos servem-se de um vocabulário simples e vulgar, usando vocábulos e/ou expressões do tipo “encolheu-se/esticou-se/juntou-se/acumulou-se”. Todavia, presume-se que pretendem referir-se à capacidade que o ar tem de se comprimir.

A consulta dos dados obtidos (quadro 43) permite ver que são os subgrupos de alunos mais velhos (3º ciclo) os que mais (cinco alunos) apresentaram respostas que incluíam explicações com estas características, para fundamentar os dois comportamentos que previram para o êmbolo. Apenas um aluno, integrado no subgrupo dos mais novos (1º ciclo), incluiu esta ideia na resposta que apresentou. Pode confirmar-se, através dos seguintes exemplos de resposta, o que se referiu acerca desta forma de explicar a previsão em questão:

“Não dá para ir [...] Só se for mesmo um bocadinho [...] porque o ar vai comprimir-se todo aí dentro [...] Porque não tem espaço para o êmbolo porque o ar não pode sair” (AP24).

“Vai só até uma certa marca. Mais ou menos até ao 30/35 ... porque você está a tapar e o ar vai comprimir-se, ou lá como se diz, para ocupar menos espaço” (AT7).

“Não se move, a não ser uma coisa mínima, porque vão-se acumulando os corpúsculos do ar até não poderem mais e depois não desce mais” (AT8).

A subcategoria C3, segundo mostra o quadro 43, agrupa respostas de nove alunos pertencentes aos três níveis de escolaridade. Em relação à ideia principal representada por esta subcategoria (o ar contido dentro da seringa exerce pressão, impedindo a descida do êmbolo), nota-se que está presente, em igual número, nas respostas dos alunos dos 1º, 2º e 3º ciclos (três alunos, em cada subgrupo), apresentadas para justificar quer a impossibilidade de o êmbolo descer até baixo (oito alunos), quer a possibilidade de o êmbolo somente descer um pouco (um aluno).

À semelhança do que se verificou na subcategoria C1, alguns alunos ao referirem-se à pressão exercida pelo ar, dentro da seringa, em vez de utilizarem o termo correcto, mencionam outros, como é o caso de “força”, “empurrar”. Os seguintes exemplos de respostas ilustram a ideia presente neste grupo de explicações:

“Eu acho que não vai nada por causa do ar que está a fazer força e não deixa o êmbolo ir para baixo” (AP2).

“Não consegue empurrar porque o ar está todo lá dentro e o ar é muito forte” (AP20).

“Porque o ar existente na seringa faz pressão sobre o êmbolo e o êmbolo não consegue descer. Pode descer um bocadinho porque você faz muita força” (AS5).

“O ar faz força que é como se estivesse entupido e não deixa o êmbolo ir para baixo” (AS22).

“Não dá para descer porque o ar está lá dentro a pressionar o êmbolo” (AT1).

“Porque está a tapar o orifício por onde o ar, supostamente, devia sair. Então, o ar como está tapado e não sai, está aí dentro a fazer pressão” (AT15).

A ideia geral, presente nas explicações que a subcategoria C4 agrupa (diminuição de volume, por parte do ar, e, conseqüente aumento de pressão dentro da seringa, quando se empurra o êmbolo), foi encontrada nas respostas de dois alunos do 3º ciclo, conforme revelam as informações expostas no quadro 43. Esta relação de causa-efeito assenta na ideia perfilhada pelos alunos, que o ar sujeito a uma compressão, neste caso, devida ao empurrar do êmbolo, diminui de volume e passa a exercer maior pressão. As duas explicações que apresentam estas características e que foram dadas para fundamentar a pequena descida do êmbolo (“o êmbolo desce pouco”), prevista pelos alunos, apresentam-se seguidamente:

“Não desce. Fica lá parado. O ar vai ficar mais comprimido porque o êmbolo vai apertá-lo. Vai sentir também aqui uma pressão no dedo que é a pressão do ar que quer sair” (AT9).

“Vai indo para baixo, até mais ou menos ao 40 porque o ar faz pressão e não o deixa ir mais” (AT19).

No que respeita à última subcategoria (C5) inserida no quadro 43, constata-se que reúne as explicações formuladas por mais de metade dos alunos (41 alunos). A ideia que este grupo de explicações reflecte (a presença do ar dentro da seringa é a principal causa da não descida total do êmbolo) foi, de facto, a escolhida por mais alunos de qualquer um dos três níveis de ensino. Porém, os alunos mais novos (1º e 2º ciclos) escolheram-na, em maior número (14 e 17 alunos, respectivamente), enquanto que no subgrupo dos mais velhos foram menos os alunos (10 alunos) que usaram esta ideia para fundamentar as previsões: “o êmbolo desce pouco” (seis alunos) e “o êmbolo

não desce” (35 alunos). Apresentam-se, de seguida, alguns exemplos de respostas ilustrativos desta forma de explicar:

“Não dá para descer porque ganhou ar e não dá para empurrar. Está cheio de ar e não dá” (AP8).

“Não vai porque a ponta da seringa está tapada. O ar não sai e impede o êmbolo” (AP19).

“É muito difícil o êmbolo ir para baixo porque o ar não sai lá de dentro e o êmbolo não consegue ir para baixo. Se descer é só um pouquinho, mais ou menos até ao 6” (AS8).

“Não consegue ir porque o ar está todo lá dentro. Não consegue com o buraco fechado. Se estivesse aberto! ...” (AS18).

“Não se consegue fechar totalmente porque tem ar aí dentro e como não tem por onde sair, impede que o êmbolo feche” (AT14).

“Não vai porque não está a sair o ar. Para ele ir, primeiro tinha que tirar o ar, mas como não tem nenhum buraco ...” (AT24).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

Relativamente às explicações identificadas como interpretativas, apenas se constituiu uma subcategoria, designadamente, a subcategoria I1, apresentada no quadro 44.

Quadro 44

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o êmbolo (n=1)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=0)	3º C (n=1)
I1: a seringa contém ar; esse ar é constituído por partículas; há espaços vazios entre as partículas; o êmbolo, ao ser pressionado, exerce pressão sobre o ar; diminuem os espaços entre as partículas; o ar diminui de volume e aumenta a pressão sobre o êmbolo; o êmbolo não desce totalmente.	–	–	1

Conforme é visível, apenas um aluno do 3º ciclo usou um modelo para o ar, referindo-se às partículas constituintes do ar e à forma como se comportam, quando sujeitas a uma compressão, neste caso, devida ao pressionar do êmbolo. Para este aluno, o ar colocado dentro da seringa é constituído por corpúsculos, entre os quais há espaços vazios; ao empurrar o êmbolo, diminuem esses espaços vazios ficando o ar a ocupar menos espaço e a exercer maior pressão dentro da seringa; por isso, “o êmbolo desce pouco”. Apresenta-se, de seguida e a título ilustrativo, a resposta dada pelo referido aluno:

“À medida que vai comprimindo o ar que aí está, empurrando o êmbolo, os átomos e as moléculas que aí estejam vão começar a juntar-se cada vez mais e a exercer maior pressão sobre as paredes do êmbolo. O volume que o ar ocupa vai começar a diminuir cada vez mais [...] Já não há espaços vazios e o ar não vai conseguir juntar-se mais, a não ser que o ar escape por ali” (AT3).

4.4.3.3. Explicações construídas pelos alunos, depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente

Os dados obtidos no que respeita às características das explicações construídas pelos alunos, depois de terem oportunidade de observar que o êmbolo da seringa, ao ser pressionado, apenas desce um pouco, encontram-se descritos na tabela 35.

Tabela 35
Características das explicações que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	—	—	—	—	—	—	—	—
Causal	25	100.0	25	100.0	22	88.0	72	96.0
Interpretativo	—	—	—	—	3	12.0	3	4.0

Comparando esses resultados (tabela 35) com os obtidos, antes da constatação do fenómeno em questão (tabela 34), sobressaem poucas diferenças, no que respeita aos tipos de explicação identificados nas respostas dos alunos. Os alunos continuam a servir-se, preferencialmente, de explicações do tipo causal (72 alunos – 96.0%), não usam nenhuma explicação do tipo descritivo e continuam, com muita raridade, a usar as explicações do tipo interpretativo (três alunos – 4.0%).

As explicações causais foram identificadas nas respostas de todos os alunos pertencentes aos subgrupos dos mais jovens (1º e 2º ciclos, com 25 alunos cada um) e, de forma maioritária (22 alunos), nas respostas dos alunos menos jovens (3º ciclo). Os restantes alunos (três alunos) recorreram a explicações interpretativas.

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As 72 explicações que os alunos deram para justificar o que aconteceu ao êmbolo e que se incluíram no tipo causal, distribuíram-se por quatro (C2, C3, C4 e C5) das cinco subcategorias já atrás descritas (quadro 43). As quatro subcategorias consideradas registam-se no quadro 45.

Quadro 45

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente (n=72)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=25)	2º C (n=25)	3º C (n=22)
C2: dentro da seringa tem ar; ao pressionar o êmbolo, o ar que está dentro da seringa comprime-se, mas só até certo ponto, continuando a ocupar espaço; o êmbolo não desce totalmente.	16	16	13
C3: dentro da seringa tem ar; esse ar está a exercer pressão; quando se pressiona o êmbolo; logo, o êmbolo não desce totalmente.	3	4	3
C4: dentro da seringa tem ar; esse ar ao ser comprimido/pressionado pelo êmbolo, diminui o volume e, conseqüentemente, aumenta a pressão dentro da seringa; logo, o êmbolo não desce totalmente.	4	3	6
C5: a seringa tem ar; esse ar, como não pode sair porque o dedo está a tapar/impedir o ar de sair, o êmbolo não desce totalmente.	2	2	—

A subcategoria C2, em relação às demais colocadas no quadro 45, é a subcategoria que agrupa explicações construídas por um maior número de alunos (45 alunos) dos três níveis de ensino. É, sobretudo, nos alunos pertencentes aos subgrupos mais jovens (1º e 2º ciclos) que se verifica a maior frequência de utilização desta forma de explicar (16 alunos, em cada subgrupo). Quanto aos alunos mais velhos (3º ciclo), usam-na em número menor (13 alunos).

Constata-se, portanto, um acentuado aumento do número de alunos que escolheram esta forma (C2) para explicar o que observaram, acerca do fenómeno em questão (quadro 45), em relação ao número dos que a usaram (quadro 43), antes de observarem que o êmbolo não descia totalmente (de seis alunos passou para 45). Expõem-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas agrupadas na subcategoria C2:

“O ar fica apertado e não cabe mais. O ar ainda conseguiu ficar até ali, mas quando chegou a essa altura já estava muito apertado e já não dava para empurrar mais. Ao empurrar o ar começa a encolher mas depois chega a uma altura que não consegue encolher mais” (AP6).

“Porque apertou mais o ar. Ficou mais pequeno o espaço onde ele está. Ficou mais ou menos até ao 25/30. Para o êmbolo ir até ao fundo vai ter de largar o dedo para o ar sair e deixar o êmbolo ir mais para dentro porque já não ocupa espaço lá” (AP10).

“Só se o ar como que encolheu um pouco, porque senão, não se conseguia pressionar e ele andar um bocado. O volume já estava ocupado e ele como que encolheu. Vê-se que o ar está apertado pelo ruído que faz quando se tira o dedo!” (AS4).

“O ar vai indo, vai sendo empurrado pelo êmbolo até que chega a um ponto que não dá mais. O ar fica todo lá, muito acumulado” (AS23).

“Ao comprimir o êmbolo, comprimimos o ar na sua totalidade e, por isso, é que conseguimos ir até ao 30. As partículas que formam o ar agruparam-se muito agrupadinhas porque o êmbolo as empurrou” (AT20).

“Ao descer o êmbolo, o ar fica aqui concentrado nos 30 ml e já não consegue passar daí para baixo. Se largar, vem para trás porque distribui-se pelos 50 ml. Já não está tão concentrado, num só ponto, mas está distribuído” (AT25).

Os 45 alunos que se serviram desta ideia (o ar dentro contido dentro da seringa continua a ocupar espaço, mesmo sendo sujeito a compressão), para explicar a não descida do êmbolo até baixo, constitui um número muito próximo do número de professores (51 professores) que previram que os alunos deveriam ser capazes de explicar o fenómeno em causa, com base na ideia que C2 representa (quadro 20).

Em relação à subcategoria C3, e tendo em conta o número de alunos (nove alunos) que recorreram à ideia representada por esta subcategoria para argumentar a favor das previsões (quadro 43), os resultados do quadro 45 mostram que esse número subiu, ligeiramente (10 alunos), após a observação do fenómeno. Contudo, manteve-se igual o número de alunos (três alunos), quer no subgrupo dos mais velhos (3º ciclo) quer no dos mais jovens (1º ciclo) que, antes e após a observação do fenómeno em questão, consideram a pressão exercida pelo ar, dentro da seringa, como causa principal da não descida total do êmbolo.

Algumas das respostas dadas pelos alunos e que foram incluídas em C3, são as seguintes:

“Só me parece que seja por causa do ar que está lá dentro. O ar da seringa tem mais força que o êmbolo” (AP9).

“Porque o ar fica ali a empurrar o êmbolo. O ar é forte” (AP20).

“Não vai para dentro porque está a tapar o burquinho e a pressão do ar que está aí dentro não deixa. Acho que não vai mexer mesmo nada!” (AS6).

“O ar ficou preso e está a fazer muita força. Veio vindo para baixo tentando sair” (AS25).

“Deve ser por causa da pressão do ar. Como está a tapar, não deixa o ar passar e está a fazer muita pressão no dedo, porque está a ser apertado pelo êmbolo e pelo dedo” (AT2).

“Faz muita pressão. Se eu tirar a mão o ar vem para trás porque o ar que tem dentro quer espalhar-se” (AT19).

No que respeita a C4, conforme nos mostram os dados do quadro 45, a ideia geral que esta subcategoria representa (o ar existente dentro da seringa, quando sujeito a compressão, diminui de volume e aumenta a pressão) é a segunda ideia mais escolhida pelos alunos dos três níveis de ensino (13 alunos). Destacam-se, no entanto, os alunos pertencentes ao 3º ciclo, por serem os que, em maior número, explicam a observação usando esta ideia (seis alunos). No que se refere aos alunos pertencentes aos outros dois níveis de ensino (1º e 2º ciclos), apenas quatro e três alunos, respectivamente, avançam com esta forma de explicar. Tal situação contrasta, um pouco, com a verificada antes da constatação do fenómeno em causa (quadro 43), na medida em que somente dois alunos do 3º ciclo justificaram, desta forma, o comportamento previsto para o êmbolo. Para ilustrar

esta forma de explicar, transcrevem-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas que se incluem na subcategoria C4:

“O oxigénio que está lá dentro não deixa. Todo o ar que ficou deste lado, ficou no 20/25. o ar ficou ali preso e com a força dele, está a empurrar o êmbolo” (AP5).

“Porque tinha um bocado de ar com menos força e o êmbolo empurrou o ar mais um bocado. Com a força que fazemos, pôs o ar no 25/30. O ar lá dentro começa a fazer mais força” (AP25).

“O ar que está lá não sai. Com a força que nós fazemos conseguimos que ele vá até ao 4. É o limite máximo que o ar permite. Se pressionar, o ar já não deixa mais. Faz muita pressão consegue fazer mais pressão do que nós e não nos deixa empurrar mais” (AS5).

“Porque o ar foi-se empurrando, mas quando viu que não podia mais, que chegou a uma fase que não podia ser mais mexido, mais prensado, isso não foi para baixo porque a pressão do ar já é muito forte” (AS12).

“Não tem mais espaço para dar. O ar pode encolher até um certo ponto. Depois não pode encolher mais. A pressão lá dentro fica cada vez maior. Quer expandir-se ... alargar-se” (AT22).

“O ar estava mais separado e agora, ao pressionar, o ar concentrou-se mais, faz mais pressão e mais força tenho que fazer com o êmbolo. Só que já não consegue comprimir-se mais. Espalhar é dar mais espaço e comprimir é juntar-se todo” (AT24).

Em contrapartida, os 13 alunos que usaram esta ideia (C4) para explicarem o que observaram (o êmbolo não desce totalmente, mesmo sendo pressionado), constituem um número muito próximo do número de professores (14 professores) que consideraram que os alunos explicariam desta forma o fenómeno em questão (quadro 20).

Por último, no que respeita à subcategoria C5, os resultados apresentados no quadro 45 evidenciam que são muito poucos os alunos (quatro alunos) que, de uma forma implícita, atribuem ao ar, contido dentro da seringa, a “responsabilidade” da não descida do êmbolo. Esta forma de explicar o fenómeno foi encontrada em respostas dadas por alunos mais novos (1º e 2º ciclos), das quais se apresentam, de seguida, alguns exemplos que ilustram esta forma de explicar:

“O ar que está lá dentro não pode sair porque o dedo está a tapar. Assim, com o ar lá dentro, o êmbolo não consegue ir para baixo. Por causa desse ar ...”(AP3).

“Porque tem ar. Se destapassem o ar saía e o êmbolo já descia. Assim, já está cheio de ar” (AP4).

“Parece que tem ali uma película transparente de ar a tapar ... tem ar que impede que o êmbolo vá para baixo” (AS2).

“O ar fica ali preso no dedo. Está ali todo preso e não sai e, por isso, também não deixa o êmbolo descer” (AS22).

Comparando os quadros 43 e 45, constata-se uma diminuição acentuada do número de alunos que usaram a ideia representada por esta subcategoria (C5), tendo em conta o número de alunos (41 alunos) que, aquando das previsões, apresentaram explicações com estas características.

Por outro lado, o número de professores (35 professores) que consideraram que os alunos deveriam ser capazes de formular explicações com estas características (secção 4.3.3.2), é muito superior ao número de alunos (quatro alunos) que, efectivamente, usaram esta forma de fundamentar o fenómeno em questão.

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

Tal como aconteceu antes da observação do fenómeno em questão, também após a constatação do mesmo apenas foi possível, para as respostas que continham explicações do tipo interpretativo, formar uma única subcategoria (I1) que se apresenta no quadro 46.

Quadro 46

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram depois de observarem que o êmbolo não desce totalmente (n=3)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1 ^º C (n=0)	2 ^º C (n=0)	3 ^º C (n=3)
I1: a seringa contém ar; esse ar é constituído por partículas; há espaços vazios entre as partículas; o êmbolo ao ser pressionado, exerce pressão sobre o ar; diminuem os espaços entre as partículas; diminui o volume e aumenta a pressão sobre o êmbolo; o êmbolo não desce totalmente.	—	—	3

As informações fornecidas pelo quadro 46 revelam que são os alunos do 3^º ciclo (três alunos) os únicos que explicam a impossibilidade de o êmbolo descer, recorrendo a modelos teóricos. Esta exclusividade, por parte dos alunos mais velhos, quanto ao uso de entidades teóricas, já se tinha verificado, também, aquando da fundamentação das previsões (quadro 44), em menor número de alunos (um aluno). Seguem-se, a título ilustrativo, duas das três respostas incluídas em I1:

“As partículas não estavam bem apertadas. Ainda havia ali uns espaços entre as partículas. O ar foi sujeito a uma pressão e comprimiu-se, juntaram-se as partículas e já não havia mais espaço. Ficou lá dentro a fazer pressão” (AT6).

“O ar estava “dispersado”. Como foi apertado, ficou organizado e não se pode organizar mais. O ar tem partículas e elas estão muito dispersas. Mas, quando são presas e precisam de mais espaço, elas organizam-se mais e juntam-se mais umas para as outras coisas terem mais espaço. Ficam, então, a fazer pressão. As partículas, organizando-se, ocupam menor espaço.” (AT16).

Os resultados obtidos (quadros 44 e 46) revelam que o número de alunos que recorreu a esta ideia (11), quer antes de observarem o fenómeno (um aluno), quer depois da constatação do mesmo (três alunos), é, realmente, um número muito próximo do número de docentes (dois docentes) que tinha admitido que os alunos deveriam ser capazes de usar esta ideia na explicação do fenómeno considerado (quadro 21).

4.4.4. Situação 4: Balão na garrafa com água quente

4.4.4.1. Previsões formuladas pelos alunos sobre o que acontece ao balão colocado no gargalo de uma garrafa, quando esta é introduzida em água a temperatura elevada

Após a descrição da situação problemática em questão (figura 28, p. 223), os alunos eram convidados a fazer previsões sobre o que aconteceria ao balão colocado no gargalo da garrafa, assim que se colocasse esta em água a temperatura elevada, ou seja, água quente. Pela análise efectuada às respostas dos alunos, obtiveram-se os dados que se apresentam na tabela 36.

Tabela 36

Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece ao balão depois de se colocar a garrafa em água a temperatura elevada

Comportamentos previstos	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
O balão enche	22	88.0	17	68.0	24	96.0	63	84.0
O balão não enche	3	12.0	8	32.0	1	4.0	12	16.0

Segundo as informações obtidas (tabela 36), vê-se que todos os alunos formularam uma previsão e que os comportamentos previstos para o balão foram dois, designadamente: “o balão enche”, considerado pela maioria dos alunos (63 alunos) e “o balão não enche”, comportamento previsto para o balão por, apenas, 12 alunos. Assim sendo, é nesta situação problemática (S5), em relação às demais consideradas, que se constata um maior número de alunos a fazerem previsões consistentes com o que, de facto, acontece ao balão.

No que respeita ao número de alunos que efectuaram previsões compatíveis com o que se passa com o balão (“o balão enche”), sobressai uma proximidade numérica entre o subgrupo dos

mais jovens (1º ciclo, 22 alunos) e o subgrupo dos mais velhos (3º ciclo, 24 alunos), enquanto que no subgrupo dos alunos do 2º ciclo, somente 17 alunos admitiram o enchimento do balão.

4.4.4.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para o balão, assim que se colocava a garrafa em água quente

Depois de terem previsto o comportamento do balão, ao colocar a garrafa em água quente, os alunos apresentaram explicações com o intuito de fundamentar essa previsão. Nesta secção, expõem-se os resultados obtidos (tabela 37) na análise efectuada ao conteúdo das diferentes explicações dos alunos, com vista a distribuí-las pelos tipos de explicação considerados.

Tabela 37

Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	23	92.0	19	76.0	11	44.0	53	70.6
Causal	2	8.0	6	24.0	10	40.0	18	24.0
Interpretativo	—	—	—	—	4	16.0	4	5.4

Com base nas informações que a tabela 37 inclui, constata-se que, apesar de terem sido usados, pelos alunos, três tipos de explicação (descritivo, causal e interpretativo), para fundamentar as previsões feitas (“o balão enche” e “o balão não enche”), a distribuição dos alunos pelos diferentes tipos de explicação revela-se assimétrica.

Enquanto um elevado número de alunos (53 alunos – 70.6%) recorreu a explicações descritivas, apenas uma pequena percentagem (18 alunos – 24.0%) usou explicações causais e somente uma minoria, constituída por quatro alunos (16.0.0%) justificou a previsão que fez servindo-se de explicações interpretativas. Mais uma vez, não foi identificada nenhuma resposta que contivesse uma explicação do tipo preditivo.

É ainda constatável (tabela 37) que, com o aumentar do nível de escolaridade, passa a ser menor o número de alunos que utiliza explicações descritivas e maior o número dos que se servem de explicações causais. Os três tipos de explicação identificados nas respostas dos alunos não estão todos presentes, em cada nível de ensino. Assim, enquanto os alunos do 1º ciclo e do 2º ciclo utilizam dois

tipos de explicação (descritivo e causal), somente no subgrupo do 3º ciclo (tal como em S3) continua a identificar-se três tipos de explicação (descritivo, causal e interpretativo).

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As 53 respostas que os alunos apresentaram para justificar os dois comportamentos que previram para o balão e nas quais se identificaram explicações do tipo descritivo, foram repartidas pelas duas subcategorias (D1 e D2) que o quadro 47 expõe, tendo a primeira (D1) já sido descrita, anteriormente, na secção 4.3.4.2. (quadro 24).

Quadro 47

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=53)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=23)	2º C (n=19)	3º C (n=11)
D1: da água quente liberta-se/forma-se vapor de água/dá-se o fenómeno da evaporação; esse vapor de água vai para o balão e ele enche.	20	11	10
D2: a água está do lado de fora; não tem contacto com o interior, pois o ar quente da água não entra; o balão não enche	3	8	1

Em relação à subcategoria D1, a análise do quadro 47 mostra que, dos 53 alunos que deram respostas que contêm explicações do tipo descritivo, mais de metade (41 alunos) usou esta ideia (da água quente liberta-se vapor de água que vai para o balão) para justificar o comportamento previsto para o balão (“o balão enche”). Nestas explicações, que continuam a ter como suporte a observação, os alunos não hesitam em admitir a entrada de vapor de água na garrafa, o que, em alguns casos, é reforçado pelo facto de, segundo acentuam, a mesma embaciar por dentro, facto que constitui, para os alunos, a prova convincente de que o referido vapor entrou.

Os dados expressos no quadro 47 evidenciam que esta forma de argumentar a favor das previsões foi a mais escolhida pelos alunos (41 alunos), apesar de esse número diminuir à medida que se avança no nível de ensino (do 1º para o 2º e 3º ciclos). Assim, os alunos dos 2º e 3º ciclos foram os que em menor número (11 e 10 alunos) “responsabilizaram” o vapor de água formado a partir da colocação da garrafa em água quente, pelo enchimento do balão. São, na verdade, os alunos integrados no subgrupo dos mais novos (1º ciclo) os que, em maior número (20 alunos),

apresentaram explicações com estas características. A ideia geral presente nas explicações agrupadas em D2 é ilustrada através dos seguintes excertos de respostas:

“A garrafa estava fria e aquela água é quente. Vai evaporar-se e ao evaporar-se sai vapor que vai subindo e o balão vai encher” (AP2).

“Porque o vapor de água começa a entrar dentro do balão e o balão começa a encher” (AP20).

“O vapor da água quente é que faz encher o balão. Entra por aqui, pelo gargalo, passa para dentro e enche o balão” (AS2).

“O balão enche porque como a água está muito quente, deita vapor de água e o balão vai encher” (AS23).

“Vai encher devido ao vapor de água. Como a água está quente, liberta vapor de água. Esse vapor entra e vai encher o balão” (AT16).

“Vai o vapor da água quente passar para dentro e vai fazer o ar da garrafa subir. Quando chegar aqui em cima vai encher o balão” (AT25).

Ainda baseada em aspectos observáveis e visíveis, é a ideia patente nas explicações que a subcategoria D2 reúne, nas quais os alunos consideram que a colocação da garrafa em água quente não tem qualquer relação com o enchimento do balão, dado que, estando a água do lado de fora da garrafa, não exerce qualquer efeito sobre ele. Somente 12 alunos deram respostas que encerram esta ideia, verificando-se que são os alunos do 2º ciclo (oito alunos) os que as usam em maior número, pois apenas três alunos dos mais novos (1º ciclo) e um aluno dos mais velhos (3º ciclo) explicaram desta forma a previsão que fizeram (“o balão não enche”). As explicações inseridas nesta subcategoria (D2) podem ser ilustradas através dos seguintes exemplos:

“Porque a água quente se está fora da garrafa, não faz nada ao balão” (AP10).

“Fica igual porque tem o vidro e a água não pode passar para dentro” (AP12).

“Não vai encher porque a água quente, aqui a tocar na garrafa de vidro ... se a água conseguisse entrar para dentro, como tem oxigénio, encheria o balão. Mas como é do lado de fora ... (AS19).

“Não acontece nada. Acho que não enche porque aqui, o gargalo, não deixa passar nada e como a água fica de fora, não passa nada!” (AS22).

“Acho que vai ficar igual porque o ar quente da água não entra para a garrafa” (AT19).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As 18 respostas dos alunos nas quais se encontraram explicações do tipo causal, distribuíram-se pelas quatro subcategorias já descritas em 4.3.4.2 (quadro 25), designadamente, C1, C2, C3 e C4, novamente apresentadas no quadro 48.

Quadro 48

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=18)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=2)	2º C (n=6)	3º C (n=10)
C1: dentro da garrafa existe ar; a temperatura da água quente provoca aquecimento da garrafa/do ar da garrafa; esse ar quente passa para o balão e este enche.	2	4	5
C2: dentro da garrafa existe ar; com a água quente esse ar aquece; ao aquecer fica mais leve e menos denso, sobe para o balão e ele enche;	—	1	3
C3: dentro da garrafa existe ar; com a água quente esse ar aquece e aumenta de pressão; vai para o balão e ele enche;	—	1	—
C4: dentro da garrafa existe ar; a água quente aquece esse ar; esse ar ao ser aquecido, expande-se/dilata-se; fica a ocupar mais espaço, vai para o balão e ele enche	—	—	2

A subcategoria C1, segundo os resultados inseridos no quadro 48, inclui explicações dadas por alunos dos três níveis de ensino (11 alunos). O número de alunos que adopta este tipo de explicação é muito próximo, sobretudo, no subgrupo do 3º ciclo (cinco alunos) e no do 2º ciclo (quatro alunos), constatando-se que é um pouco menor, no subgrupo do 1º ciclo (dois alunos). Ao referirem o aquecimento da garrafa e/ou do ar existente dentro da garrafa e a consequente subida deste para o balão (principal causa do enchimento do balão), parecem estar conscientes que é, efectivamente, a colocação da garrafa em água quente que vai despoletar toda a situação.

Porém, não conseguem relacionar o efeito do aquecimento sobre o ar contido dentro da garrafa e o consequente enchimento do balão, fazendo uma passagem muito directa da colocação da garrafa em água quente para o enchimento do balão. Ilustra-se esta forma de explicar com os seguintes exemplos de respostas:

“O vidro vai ficar quente e o calor do vidro vai passar ... bom ... o ar da garrafa ficou quente e queria sair da garrafa, mas como está lá o balão, ele vai subir para o balão e o balão vai encher” (AP3).

“Acho que vai encher porque o ar que está aqui, na garrafa, vai aquecer. O ar quente sobe ao subir, o balão vai-se levantar e vai encher para cima. Se fosse frio descia para baixo” (AP24).

“Se você meter aqui água quente, ela vai aquecer o ar que está lá dentro e ele vai subir e vai encher o balão. Porque quando uma pessoa põe água a ferver, a água sobe. Aqui, o ar que está lá dentro também vai ser aquecido e vai ser também tipo vapor e vai subir” (AS8).

“O balão começa a encher porque isto aqui, ... é como os balões de ar quente também sobem ... eu penso que é devido à água aquecer o ar que está dentro da garrafa. Fica quente e talvez faça com que o balão vá encher” (AS16).

“Por causa da temperatura da água quente que é muito elevada. A água vai aquecer a garrafa e aquecendo a garrafa aquece o ar. O ar quente tem tendência a subir e o balão enche” (AT1).

“Ao tempo que aquece a garrafa, o ar que está dentro da garrafa aquece e vai fazer com que o balão encha” (AT7).

Outros alunos apresentam, como argumentação a favor do comportamento que previram para o balão (“o balão enche”), o facto de o ar contido na garrafa, ao ser aquecido pela água quente, se tornar mais leve e menos denso e, por isso, subir para o balão. Neste caso, confundindo peso e densidade, na medida em que recorrem ao conceito de densidade para justificar o aumento de volume do balão, suportam a justificação que dão em concepções alternativas. É o caso do grupo de explicações representadas pela subcategoria C2.

De acordo com os dados expostos no quadro 48, é reduzido número de alunos que recorrem a esta ideia (quatro alunos), sendo mais usada pelos do 3º ciclo (três alunos) do que pelos do 2º ciclo (um aluno). Transcrevem-se, de seguida, alguns exemplos ilustrativos dessa forma de explicar o enchimento do balão:

“Ele enche porque o ar quente é mais leve e sobe. O vapor de água que sai da água quente vai subir e encher o balão” (AS12).

“A água quente faz com que o ar dentro da garrafa aqueça e, assim, torna-se menos denso. Isso faz com que suba e, portanto, encha o balão. O ar quente sobe porque torna-se menos denso ... é um ar que as partículas do ar estão mais afastadas e ... sobem” (AT5).

“Enche porque a água está quente e aquece o ar da garrafa. Antes de pôr o balão em cima tinha ar lá dentro. Ao pôr o balão tapou-se e ficou lá o ar. Quando o ar é mais quente sobe ... acho que fica mais leve e ao subir, sobe o mais possível e encontra o balão” (AT6).

Na única explicação incluída na subcategoria C3, o aluno (2º ciclo) que a formulou estabelece uma relação de causalidade (ao referir a pressão exercida pelo ar que a garrafa contém), mas, trata-se de uma relação algo superficial (o ar existente dentro da garrafa é aquecido, exerce pressão e o ar sobe para o balão, enchendo-o), dado que não entra na constituição do ar, nem tão pouco refere o aumento de pressão, por parte do ar. Esta forma de explicar havia já sido previstas nas respostas dadas pelos professores, em 4.3.4.2. Expõe-se, seguidamente, a resposta apresentada pelo referido aluno:

“A água fica quente e o ar que está dentro da garrafa faz pressão” (AS11).

Em relação à subcategoria C4, inclui as explicações de dois alunos do 3º ciclo, nas quais é mencionada, de uma forma muito simples e directa, a dilatação/expansão do ar como principal motivo

para o balão começar a encher. Os referidos alunos referenciam o conceito, mas não especificam como ocorre o processo de dilatação do ar. Ainda que revelem estar cientes de que o ar aquecido ocupa mais espaço, transparece, nas respostas que dão, uma indiferenciação entre a ocupação de mais espaço, por parte do ar (as partículas afastam-se mais umas das outras) e a conservação da quantidade de ar, existente dentro da garrafa (o número de partículas mantém-se). Mas, dado o contexto em que respondem, presume-se que os alunos pretendem referir-se mais à alteração do volume do ar, quando sujeito a uma temperatura elevada, do que, propriamente, ao aumento da quantidade de ar, dentro da garrafa.

A título ilustrativo, apresentam-se duas das quatro respostas dadas pelos referidos alunos:

“Ah! Vai encher! A água quente vai aquecer o ar que está aqui dentro, na garrafa. O ar vai começar a inchar e vai encher o balão” (AT9).

“Vai encher porque a água quente vai aquecer o ar que está dentro da garrafa. Como com o calor os corpos dilatam, vai dilatar o ar que está lá dentro e o ar vai ter que passar para o balão” (AT11).

iii) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

Para as quatro explicações interpretativas que se identificaram nas respostas apresentadas pelos alunos (3º ciclo), foram utilizadas duas das três subcategorias, já atrás formadas e apresentadas na secção 4.3.4.2. (quadro 26), designadamente, I1 e I2 (quadro 49).

Quadro 49

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para o balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=4)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=0)	3º C (n=4)
I1: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento do número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, estas separam-se mais umas das outras, ocupando mais espaço dentro da garrafa.	—	—	3
I2: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento no número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, passa a ser maior a pressão do ar dentro da garrafa.	—	—	1

Nas três explicações incluídas na subcategoria I1, dadas por três alunos do 3º ciclo, evidencia-se o recurso a um modelo para o ar, na medida em que se relaciona o aquecimento do ar contido na garrafa com a agitação dos corpúsculos constituintes desse ar, entrando-se, portanto, na constituição do ar e/ou no comportamento das partículas que o constituem. Porém, em nenhuma das respostas dadas pelos alunos, é referida a separação das partículas e a consequente ocupação de mais espaço, dentro da garrafa, tal como tinha sido “previsto” nas respostas dos professores (quadro 26). Pode ilustrar-se esta forma de explicar o enchimento do balão, através dos seguintes dois exemplos de resposta:

“Ele vai encher porque o ar quente faz com que haja maior movimento dos corpúsculos do ar dentro da garrafa, maior número de choques ...” (AT8).

“É o ar que está dentro do recipiente. Como o ar está quente tem tendência a subir, a escapar para dentro do balão [...] porque quando aumenta a temperatura, o gás, as partículas do gás ficam mais inquietas, mexem-se e tentam escapar. E então, como o orifício em que podiam escapar está tapado [...] vão em direcção ao balão e ele enche” (AT18).

Em relação à subcategoria I2, o aluno que argumentou desta forma a favor da previsão que fez (“o balão enche”) baseia a sua explicação em entidades teóricas, mencionando os corpúsculos constituintes do ar que estão dentro da garrafa e, respectivo comportamento (aumento do número de colisões e consequente aumento de pressão), quando submetidos a um aumento de temperatura, ou seja, recorre a um modelo para o ar, mais “pormenorizado” do que o anterior (I1). Apresenta-se, seguidamente, a resposta do referido aluno:

“Com o aumento da temperatura aumenta a agitação dos átomos e das moléculas dentro da garrafa, ou seja, elas vão começar a mover-se cada vez mais depressa, vão chocar contra tudo e os espaços entre elas vão aumentar cada vez mais, ou seja, vai entrar mais ar aqui para dentro e ele vai dilatar-se e ficar com muita pressão (AT3)

4.4.4.3. Explicações construídas pelos alunos depois de observarem o aumento de volume do balão, assim que se colocava a garrafa em água quente

Depois de os alunos constatarem que o balão enchia, assim que se colocava a garrafa em água a temperatura elevada, construíram explicações para o sucedido. A análise do conteúdo dessas respostas permitiu distribuí-las por três tipos de explicação, obtendo-se os dados que a tabela 38 resume.

Tabela 38

Características das explicações que os alunos construíram após observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	17	68.0	11	44.0	6	24.0	34	45.3
Causal	8	32.0	13	52.0	12	48.0	33	44.0
Interpretativo	—	—	1	4.0	7	28.0	8	10.7

A comparação dos dados apresentados nas tabelas 37 e 38 revela alguma alteração nos tipos de explicação usados pelos alunos, sobretudo nos 2º e 3º ciclos. Ainda que a preferência, por parte dos alunos, continue a incidir nas explicações do tipo descritivo, constata-se que reduz o número dos que usam explicações deste tipo (de 53 alunos passa para 34) e aumenta o número quer dos que se servem de explicações do tipo causal (de 18 passam para 33 alunos), quer dos que recorrem às explicações do tipo interpretativo (de quatro passam para oito alunos).

Continuam a ser os alunos mais jovens (1º ciclo) que, antes e depois de observarem o fenómeno em questão, mais recorrem às explicações descritivas (de 23 passam para 17), notando-se que, assim que se avança no nível de escolaridade, vai diminuindo o número de alunos que utilizam explicações deste tipo e aumentando o número dos que recorrem às explicações causais e, até às do tipo interpretativo.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As respostas dadas pelos alunos, depois de observarem o enchimento do balão, foram incluídas na primeira subcategoria, designadamente D1 (quadro 50), das duas subcategorias (D1 e D2) descritas em 4.4.4.2. (quadro 47).

Quadro 50

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=34)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=17)	2º C (n=11)	3º C (n=6)
D1: da água quente liberta-se/forma-se vapor de água/dá-se o fenómeno da evaporação; esse vapor de água vai para o balão e ele enche.	17	11	6

Quanto à subcategoria D1, a comparação dos dados incluídos nos quadros 47 e 50 permite constatar que diminuiu, ligeiramente, o número de alunos (34 alunos) que atribuíram ao vapor de água o enchimento do balão, relativamente ao número de alunos (41 alunos) que tinham referido esta ideia, na justificação das previsões. Ainda pelo confronto dos dados sintetizados nos referidos quadros é possível ver que somente o 2º ciclo manteve o mesmo número de alunos que usaram explicações com estas características, antes e depois de se observar que o balão enchia.

Apresentam-se, a título ilustrativo, alguns exemplos de respostas, dadas pelos alunos, após a constatação do fenómeno em causa:

“O balão está cheio de vapor de água. Com a água quente, o vapor entrou dentro da garrafa e foi para dentro do balão. O vidro até ficou embaciado” (AP20).

“A garrafa fica quente e o vapor que está a sair da água quente enche o balão. A garrafa fica muito ressoada. O vapor tenta entrar pela parte de baixo. É como se fosse um fantasma” (AP23).

“É o vidro que ... como hei-de dizer ... deixa o vapor entrar; sair e entrar. Fica com vapor aqui dentro da garrafa que passa depois para o balão” (AS1).

“Por causa do vapor de água, talvez. A água quente contém vapor de água. O vapor entra na garrafa de vidro e talvez assim encha o balão. Não sei é como é que ele entrou!” (AS19).

“O vapor está lá dentro. Até está embaciado! E o vapor até deve ter libertado algum gás que deve ter enchido o balão!” (AT10).

“Quando pomos água quente, o vidro também aquece. A temperatura vai “transbordar” o vidro e vai lá para dentro ficando o vapor. O quente é que larga o vapor lá dentro que vai encher o balão” (AT16).

Em relação a esta forma de explicar o enchimento do balão (D1), nota-se, com base nos resultados expressos nos quadros 24 e 50, uma acentuada diferença entre o número dos alunos (34 alunos) que usaram esta ideia e o número de professores (15 professores) que, em 4.3.4.2, tinham considerado que os alunos deveriam ser capazes de formular explicações com estas características, para explicarem o enchimento do balão.

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Depois de observarem que o balão enchia, colocando-se a garrafa em água quente, os alunos apresentaram 33 respostas que foram classificadas como explicações causais e repartidas pelas mesmas quatro subcategorias consideradas aquando da fundamentação das previsões (quadro 48), designadamente, C1, C2, C3 e C4 e que agora se registam no quadro 51.

No que respeita a C1, confrontando o número de alunos (11 alunos) que utilizou a ideia geral representada por esta subcategoria, na justificação das previsões (quadro 48), com o número dos que

a usaram, posteriormente, para explicar o enchimento do balão (13 alunos), constata-se um ligeiro aumento nos subgrupos dos alunos mais novos (no 1º ciclo, de dois alunos passa para quatro e, no 2º ciclo, de quatro alunos passa para sete) e uma pequena redução no subgrupo dos mais velhos, ou seja, nos do 3º ciclo (de cinco alunos passa para dois).

Quadro 51

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=33)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=8)	2º C (n=13)	3º C (n=12)
C1: dentro da garrafa tem ar; a temperatura da água quente provoca aquecimento da garrafa/do ar da garrafa; esse ar quente passa para o balão e este enche.	4	7	2
C2: dentro da garrafa tem ar; com a água quente esse ar aquece; ao aquecer fica mais leve e menos denso, sobe para o balão e ele enche;	1	1	3
C3: dentro da garrafa tem ar; com a água quente esse ar aquece e aumenta de pressão; vai para o balão e ele enche;	1	4	1
C4: dentro da garrafa tem ar; a água quente aquece esse ar; esse ar ao ser aquecido, expande-se/dilata-se; fica a ocupar mais espaço, vai para o balão e ele enche	2	1	6

Para ilustrar as explicações com estas características, transcrevem-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas que a subcategoria C1 inclui:

“A água está aqui quente. O ar que estava aqui dentro da garrafa aqueceu [...] e foi para cima e encheu o balão [...] O ar quando fica quente começa a ir para cima” (AP6).

“Aqueceu-se a garrafa. A garrafa está quente porque meteu-se água quente. Fez aquecer o ar frio que estava lá dentro. O ar subiu e foi para o balão” (AP13).

“Como nos balões o ar é aquecido através do gás, da chama e sobe, aqui é na mesma. Também é aquecido pela água quente. O ar era exactamente o mesmo que existia dentro da garrafa, antes de pôr a água quente. O calor aqueceu esse ar e veio fazer com que ... vai subir” (AS16).

“Aquece a garrafa e aquece lá dentro. Lá dentro fica o ar quente e o ar quentinho sobe” (AS21).

“Aqueceu a garrafa por fora e começou a aquecer por dentro o ar. O ar vai para o balão e ele começa a encher” (AT12).

“Aquece a garrafa ... Lá está! Aquece o ar que estava dentro da garrafa e ele, com o calor lá subiu. O calor fê-lo subir. Com o calor o ar sobe e com o frio desce” (AT24).

Saliente-se que esta forma de explicar o fenómeno em questão, escolhida por 13 alunos, foi considerada por um número muito maior (42 professores) de professores (quadro 25), como sendo uma explicação que os alunos deveriam ser capazes de construir.

No que respeita às explicações agrupadas na subcategoria C2, os resultados registados no quadro 51 revelam que continua reduzido o número de alunos (cinco alunos) que atribuem o enchimento do balão ao facto de o ar contido na garrafa, ao ser aquecido pela água quente, se tornar mais leve e menos denso, subindo, por isso, para o balão. Trata-se, pois, de um número de alunos muito aproximado daquele que se obteve (quatro alunos) antes da observação do fenómeno (quadro 48). Pode ilustrar-se esta forma de explicar, através das seguintes transcrições de respostas:

“Foi o ar dentro da garrafa que aqueceu. O ar ao ser aquecido, teve de ir para o balão, porque as coisas quentes são mais leves. É por isso que a água muito quente, a ferver, se evapora” (AP24).

“Pela água quente que você deitou, é que vai fazer com que o ar fique quente. O ar quente sobe porque é mais leve. Como esse ar é quente, vai subindo e vai encher o balão” (AS12).

“O vapor de água aquece a garrafa e aquece o ar dentro da garrafa que sobe. O ar fica mais leve. Por exemplo, num balão do S. João, para ele subir, temos de acender que é para ele aquecer. O ar fica mais quente e sobe ...” (AT1).

“Por causa da água quente a garrafa aqueceu, o ar ficou quente e como fica mais leve sobe. O ar subiu; como o balão estava a fechar a garrafa, o ar saiu para o balão” (AT17).

Porém, em ambas as situações (antes e depois da observação do enchimento do balão), o número de alunos é bastante inferior ao número de professores (23 professores) que tinham admitido esta forma de explicar (o ar contido dentro da garrafa, ao ser aquecido, torna-se mais leve e menos denso, subindo para o balão) o fenómeno em causa (quadro 25), por parte dos alunos dos três níveis de ensino.

Relativamente à subcategoria C3, apresentada no quadro 51, constata-se que, dos três subgrupos de alunos considerados, são os alunos do 2º ciclo (quatro alunos) os que, em maior número indicam, como causa principal do enchimento do balão, a pressão exercida, por parte do ar existente dentro da garrafa, após o aquecimento desse ar. Todavia, nem todos os alunos, nas respostas que apresentam, fazem referência ao aumento dessa pressão, assim que o ar é aquecido. Quer no subgrupo dos mais novos (1º ciclo), quer no subgrupo dos mais velhos (3º ciclo), somente um aluno escolheu esta ideia para explicar o que aconteceu ao balão. O número de alunos (seis alunos) que explicaram desta forma o fenómeno em causa é um pouco maior do que aquele que se obteve (um aluno) antes da observação do fenómeno e, ligeiramente menor, do que o número de professores

(oito professores) que consideraram que os alunos deveriam explicar desta forma, o aumento de volume do balão (quadro 25).

Constituem exemplos, desta forma de explicar o enchimento do balão, as seguintes respostas:

“O calor da água quente está aqui, junto à garrafa. Aquece o ar da garrafa que começa a fazer pressão aqui dentro. E o ar sobe para o balão” (AP14).

“A água aquece a garrafa e o ar que está dentro da garrafa também fica quente. Acho que ele ganha pressão. É como na panela de pressão. O ar vai para cima, para o balão. Ganha pressão e sobe” (AS11).

“Foi a garrafa que aqueceu e conseguiu libertar o ar quente que tinha para o balão. Com a água, o ar ficou quente e teve que se libertar. É como a água: quando está fria não se mexe, mas quando está quente, a ferver, faz pressão” (AS20).

“Porque o ar que estava dentro da garrafa estava à mesma temperatura que estava o ar cá de fora. Mas, quando aqueceu com a água quente, o ar quente faz maior pressão do que o ar frio e fez com que o balão enchesse. Essa pressão aumentou” (AT7).

No caso da subcategoria C4 (quadro 51), tendo em conta o número dos alunos (33 alunos) que deram respostas classificadas como explicações causais (tabela 38), verifica-se que é um subtipo de explicação que integra explicações construídas por cerca de um terço (9 alunos) desses alunos. Enquanto somente dois alunos do 3º ciclo justificaram as previsões (“o balão enche”), referindo-se à dilatação do ar, contido na garrafa, depois de ser aquecido (quadro 48), após a constatação do fenómeno, esta forma de explicar já foi usada por alunos dos três níveis de ensino e, em maior número, pelos do 3º ciclo (6 alunos). Saliente-se que algumas respostas têm por base concepções alternativas, na medida em que alguns alunos afirmam que os átomos se dilatam (“aumentam de tamanho”) e, como consequência, o ar aumenta de volume. Algumas das respostas dadas pelos referidos alunos expõem-se, a seguir, a título ilustrativo:

“A garrafa ficou cheia de ar quando se deitou a água quente. Foi o calor que estava junto à garrafa que fez com que ficasse mais ar. O ar quente precisa de mais espaço e vai para o balão” (AP7).

“O ar da garrafa fica quente e começa a ocupar tudo. Ocupa a garrafa e começa a ocupar o balão” (AP12).

“É o ar, o oxigénio que estava lá dentro da garrafa aumentou por causa do calor. Não tinha aqui mais espaço e ele subiu” (AS7).

“O calor da água quente faz com que a matéria, os átomos aumentem de tamanho. Dentro da garrafa, o ar aumentou de tamanho e teve de passar para algum lado que é o balão. O ar que ficou em excesso foi depositado no balão” (AT9).

“O ar da garrafa vai subir para o balão. A água quente libertou-o para o balão. As partículas foram sujeitas a elevadas temperaturas e ficaram mais soltas e alargaram-se mais” (AT20).

A observação dos dados incluídos, quer no quadro 51, quer no quadro 25, permite-nos constatar que o número de alunos (nove alunos) que recorreram a esta ideia fica muito aquém do

número de professores (29 professores) que admitiram que os alunos deveriam ser capazes de dar explicações com estas características (secção 4.3.4.2), para explicarem o enchimento do balão.

iv) Subcategorias formadas para as explicações interpretativas

As oito respostas que contêm explicações interpretativas e que foram dadas por alunos pertencentes aos subgrupos dos mais velhos (2º e 3º ciclos), agrupam-se em duas subcategorias (I1 e I2), expostas no quadro 52, aliás, as mesmas subcategorias já consideradas, anteriormente (quadro 49), aquando da justificação das previsões.

Quadro 52

Subcategorias identificadas nas explicações interpretativas que os alunos construíram depois de observarem o aumento de volume do balão assim que se colocava a garrafa em água quente (n=8)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=1)	3º C (n=7)
I1: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento do número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, estas separam-se mais umas das outras, ocupando mais espaço dentro da garrafa.	—	—	6
I2: o ar que existe dentro da garrafa é constituído por partículas, entre as quais existem espaços vazios; ao deitar a água quente, o aumento de temperatura provoca um aumento no número de colisões dessas partículas; aumentando a agitação das partículas do ar, passa a ser maior a pressão do ar dentro da garrafa.	—	1	1

Assim, o quadro 52 mostra que a subcategoria I1 inclui um conjunto de explicações que incidem na agitação corpuscular, resultante do aquecimento do ar contido na garrafa, sem, contudo, ser feita referência à ocupação de mais espaço, por parte do ar, dentro da garrafa. Estas respostas, agrupadas na subcategoria I1, foram construídas apenas por alunos do 3º ciclo (seis alunos). Este número é superior ao obtido aquando das explicações das previsões (quadro 49), tendo, também nessa ocasião, sido formuladas, apenas, por alunos desse nível de ensino (três alunos). As citações seguintes ilustram as explicações agrupadas na subcategoria I1:

“Ora bem. Aqui dentro da garrafa tem ar. Ao deitar a água quente, aumenta o número de choques dos corpúsculos e o ar fugiu para o balão” (AT8).

“A água quente faz com que as partículas ... agitam-se mais e têm necessidade de sair” (AT14).

Refira-se que o número dos alunos que usaram a ideia integrada em I1 representa, exactamente, metade do número de professores (12 professores) que “previram” essa forma de explicar o enchimento do balão, por parte dos alunos (quadro 26).

Quanto à subcategoria I2, constata-se (quadro 52) que continuam a ser muito poucos os alunos (um do 2º ciclo e outro do 3º ciclo) que constroem explicações baseadas em modelos e em entidades teóricas, neste caso (I2), referindo que o ar, constituído por corpúsculos; ao ser aquecido aumenta o número de colisões desses corpúsculos e, conseqüentemente, o ar exerce maior pressão, dentro da garrafa. Tal facto, também se verificou antes de os alunos constatarem o que acontecia ao balão (quadro 49), dado que só um aluno recorreu, nessa ocasião, a um modelo teórico para o ar, para explicar a previsão.

Transcrevem-se, de seguida, a título ilustrativo, excertos das respostas dadas por cada um dos referidos alunos

“A água a ferver que você ia deitando veio aquecer o ar cá dentro [...] Foi aquecendo e com a pressão do ar [...] o balão foi enchendo [...] O ar da garrafa tendo aquecido [...] já não tinha espaço à beira do ar normal e subiu [...] A quantidade do ar que aqui já tinha já era suficiente para encher a garrafa. E então, o ar quente ficou a mais na garrafa e subiu para o balão [...] O ar quente sobe mais rápido do que o normal [...] Tem mais pressão para subir [...] porque as partículas da água quente vão-se esticando mais em vez de se encolherem” (AS9).

“Ao deitar a água quente os movimentos, a agitação dos átomos vão começar a aumentar, a mover-se mais depressa e o espaço entre eles vai começar também a aumentar. O ar ocupa todos os espaços livres, ou seja, como aqui dentro começava a ficar com pouco espaço, ele passou para o balão” (AT3).

Acresce, ainda, que estes números de alunos (quadros 49 e 52), em cujas respostas se identificaram explicações que continham esta ideia geral (I2), para além de serem números muito baixos, são também números inferiores ao número de professores (cinco professores) que tinham considerado (quadro 26) a formulação de explicações com estas características, por parte dos alunos.

4.4.5. Situação 5: Água e funil

4.4.5.1. Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece à água colocada dentro do funil

Tal como nas outras situações problemáticas, também nesta quinta e última situação (figura 29, p. 240), após a descrição da mesma, os alunos eram convidados a prever o que aconteceria à

água colocada dentro do funil. Os resultados obtidos que se expõem na tabela 39 apresentam três ideias gerais, identificadas nas previsões efectuadas pelos 75 alunos.

Tabela 39
Previsões formuladas pelos alunos acerca do que acontece à água colocada dentro do funil

Comportamentos previstos	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Passa toda a água	19	76.0	18	72.0	11	44.0	48	64.0
Passa alguma água	—	—	3	12.0	2	8.0	5	6.6
Não passa nenhuma água	6	24.0	4	16.0	12	48.0	22	29.4

Quase todos os alunos (70 alunos) fizeram previsões inconsistentes com o que, na realidade, acontece à água colocada dentro do funil, uma vez que cerca de dois terços (48 alunos) admite que, colocando a água no funil, “passa toda a água” e pouco mais de um quarto (22 alunos) sugere um resultado contrário, ou seja, “não passa nenhuma água”. Somente uma minoria (cinco alunos), constituída por três alunos do 2º ciclo e dois do 3º ciclo, elabora previsões compatíveis com o que se passa em relação à água, ao propor que “passa alguma água” para dentro da garrafa. Assim, esta situação problemática contabilizou, entre as demais consideradas, o maior número de alunos a apresentar previsões incompatíveis com o que, efectivamente, acontecia à água colocada dentro do funil (70 alunos).

4.4.5.2. Explicações construídas pelos alunos para fundamentar os comportamentos previstos para a água colocada dentro do funil

Nesta secção apresentam-se os resultados recolhidos na segunda etapa da entrevista (explicação da previsão), especificamente, a que respeita às explicações que os alunos formularam para justificar os três comportamentos que previram para a água colocada dentro do funil. Analisadas todas as respostas dos alunos, obtiveram-se os resultados que a tabela 40 regista.

Os dados apresentados na referida tabela (tabela 40) mostram que, nas respostas dos alunos, apenas se identificaram dois tipos de explicação (descritivo e causal), com desigual distribuição dos alunos, conforme se tem vindo a constatar na generalidade das situações problemáticas.

Tabela 40

Características das explicações que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água colocada dentro do funil

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	25	100.0	20	80.0	19	76.0	64	85.4
Causal	—	—	5	20.0	6	24.0	11	14.6
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

Contrasta, portanto, uma maioria de alunos cujas respostas contêm explicações descritivas (64 alunos – 85.4%) e uma minoria que, ao responder, usou explicações causais (11 alunos – 14.6%). Enquanto que os alunos do 1º ciclo se servem, unicamente, de explicações descritivas (25 alunos), os dos 2º e 3º ciclos recorrem já às explicações causais, ainda que em número muito reduzido (cinco e seis alunos, respectivamente). Mais uma vez, à semelhança das demais situações problemáticas já apresentadas, nenhum aluno recorreu a explicações interpretativas.

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As 64 respostas dadas pelos alunos, para justificar os três comportamentos previstos para a água contida dentro do funil e que foram classificadas, por nós, como explicações descritivas, distribuíram-se por três subcategorias (D1, D2 e D3), duas das quais (D1 e D2) já foram apresentadas no quadro 30 (em 4.3.5.2). As três subcategorias consideradas estão no quadro 53.

Quadro 53

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água dentro do funil (n=64)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=25)	2º C (n=20)	3º C (n=19)
D1: a plasticina está a bloquear a entrada do ar; sem ar a água não entra.	—	—	1
D2: a plasticina está a bloquear/apertar; impede a entrada da água.	6	2	7
D3: existe um tubo/orifício próprio para a água passar; a água entra na garrafa	19	18	11

A subcategoria D1 inclui a explicação de um único aluno pertencente ao 3º ciclo que previu que parte da água, colocada dentro do funil, passaria para a garrafa. A resposta em questão apresenta-se seguidamente:

“Só passa alguma, pouquinha, porque para a água poder entrar, tal como no caso do copo, precisa de ar e a plasticina está a tapar a entrada do ar. Só entra algum ar e, por isso, entra alguma água” (AT10).

Confrontando este resultado (um aluno) com os resultados expressos no quadro 30 (secção 4.3.5.2), a propósito das características das explicações que, segundo os professores, os alunos deveriam ser capazes de construir, sobressai uma ligeira diferença entre eles, uma vez que, esta forma de explicar (devido à presença da plasticina o ar não entra e, conseqüentemente, a água também não), por parte dos alunos dos três níveis de ensino, foi considerada por nove professores.

No caso da subcategoria D2, a análise dos resultados disponíveis no quadro 53 mostra que a ideia geral nela representada está presente nas respostas de cerca de um quinto (15 alunos) dos alunos que recorreram a explicações descritivas (64 alunos). Esses dados revelam, ainda, que são os alunos mais novos e os alunos mais velhos (1º e 3º ciclos) os que, em maior número, justificam a impossibilidade de a água entrar na garrafa (“não passa nenhuma água”), referindo que a presença da plasticina no gargalo da garrafa, ou tapa o orifício, ou aperta/pressiona o funil. Estes alunos demonstram ter a noção de que a colocação da plasticina é “responsável” pelo que acontecerá. Contudo, esta justificação centra-se, apenas, no que é visível a olho nu, não relacionando a colocação da plasticina com o ar contido no interior da garrafa. Apresentam-se, seguidamente, alguns excertos de respostas que ilustram esta forma de explicar a previsão feita pelos alunos:

“Não vai passar para a garrafa porque a plasticina está ali a prender e não vai deixar” (AP5).

“Não vai passar porque a plasticina está a tapar para não deixar a água passar e quando a água cai vai juntar-se à plasticina” (AP15).

“Se calhar, como está ali pressionado com a plasticina, a água não vai conseguir ir para baixo; não vai para a garrafa” (AS4).

“Pode não passar por causa da plasticina, porque ela está a pressionar o funil” (AS17).

“Não deve descer por causa da plasticina que impede e não deixa a água passar” (AT1).

“Acho que fica no funil porque a plasticina está ali para não deixar passar a água” (AT19).

A subcategoria D3 é a que agrupa as explicações construídas pela maioria dos alunos, dos três níveis de ensino (48 alunos), que deram explicações descritivas para justificarem as previsões efectuadas (quadro 53). É, ainda visível que, avançando-se no nível de escolaridade (do 1º até ao 3º

ciclo), reduz-se, progressivamente, o número de alunos que indicam a existência do tubo/orifício/funil como elementos adequados à passagem da água que deverá, por isso, entrar toda (47 alunos) ou alguma (um aluno) na garrafa São, portanto, os alunos mais jovens, nomeadamente, os do 1º ciclo (19 alunos) e os do 2º ciclo (18 alunos), os que, em maior número, supõem que a estrutura do funil é favorável à passagem da água. Os seguintes extractos de respostas são ilustrativos das explicações com estas características:

“Consegue entrar porque tem um sitio para entrar e um sitio para sair” (AP7).

“Vai para dentro da garrafa porque o funil tem um buraco aqui por baixo e deixa passar a água” (AP8).

“Vai para a garrafa por causa do tubo que vai direito à garrafa e deixa passar a água” (AS2).

“A água vai passar para a garrafa porque o funil é para isso! É próprio para passar de uma coisa para a outra” (AS9).

“Passa para o frasco [...] porque o tubinho do funil está desimpedido” (AT14).

“Eu acho que ela passa porque não tem nada a impedir. O buraco do funil está aberto!” (AT23).

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

As 11 explicações dadas pelos alunos, com o intuito de justificar as previsões que elaboraram e que foram identificadas como sendo explicações do tipo causal, integraram-se em quatro subcategorias (C1, C2, C3 e C5), das cinco já constituídas e registadas no quadro 31, mais propriamente, na secção 4.3.5.2. As subcategorias C1, C2, C3 e C5 descrevem-se no quadro 54.

Quadro 54

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram para justificar os comportamentos que previram para a água dentro do funil (n=11)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=0)	2º C (n=5)	3º C (n=6)
C1: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço; a água fica sem espaço na garrafa e não consegue entrar.	—	1	1
C2: dentro da garrafa tem ar, o ar é um corpo que ocupa espaço; ao deitar a água no funil o ar da garrafa comprime-se, mas só até certo ponto; por isso, mesmo comprimido, continua a ocupar espaço; logo, a água fica sem espaço.		1	
C3: a garrafa tem ar; esse ar não pode sair devido à plasticina; esse ar como não sai, exerce pressão sobre a água e esta não entra.	—	—	2
C5: dentro da garrafa tem ar; para a água entrar esse ar teria de sair; como a plasticina impede a saída do ar, este não deixa a água entrar.	—	3	3

Nas duas explicações que a subcategoria C1 agrupa, os alunos (2º e 3º ciclos) que as formularam atribuem à ocupação de espaço, por parte do ar contido na garrafa, a impossibilidade de a água lá entrar. Contudo, apenas referem a característica geral do ar, mas sem entrar no domínio da constituição do ar ou sem mesmo estabelecer qualquer tipo de articulação entre conceitos.

Apesar de os dois alunos, através das respostas que deram, revelarem ter a mesma ideia geral (ocupação de espaço, por parte do ar, dentro da garrafa, não sendo possível ar e água, em simultâneo), um deles (3º ciclo) deu uma explicação diferente, pois, para justificar a previsão que fez (“passa toda a água”), admitiu que o ar sai da garrafa, desocupando o seu interior, enquanto que o outro aluno, ao argumentar a favor da previsão que fez (“passa toda a água”), considerou o contrário, ou seja, o ar não sai da garrafa, ficando a ocupar lugar lá dentro. Pode constatar-se a presença daquela ideia geral, nas respostas dos referidos alunos que a seguir se transcrevem:

“Vai encher até ao ponto em que não vai ser possível entrar mais água, porque lá existe ar. O ar não consegue sair e a água também não tem espaço suficiente para encher a garrafa toda, porque já está ocupada com o ar” (AS5).

“O ar está a ocupar o espaço que ia ser ocupado pela água, dentro da garrafa. Acho que não irá entrar”

(AS16).

A subcategoria C2 representa uma outra forma, mais complexa, de justificar a retenção da água no funil: o ar dentro da garrafa continua a ocupar espaço, mesmo depois de ter sido sujeito a compressão, neste caso, pela água que conseguiu entrar na garrafa. Segundo nos mostra o quadro 54, só um aluno do 2º ciclo usou esta ideia para explicar o que previu (“passa alguma água”) sobre o que aconteceria à água. Ilustra-se esta forma de explicar com a apresentação da resposta do referido aluno:

“Não vai encher a garrafa toda porque tem ar lá dentro. O ar vai começar a ficar prensado, mas mesmo assim não vai deixar cair mais água lá dentro, porque o ar ainda está lá” (AS8).

De acordo com os dados inseridos no quadro 54, apenas duas explicações, construídas por dois alunos pertencentes ao 3º ciclo, fazem parte da subcategoria C3. A ideia geral que esta subcategoria representa envolve o conceito de pressão exercida pelo ar, existente dentro da garrafa e ao qual se atribui a responsabilidade de não permitir que a água colocada no funil desça para a garrafa.

A título ilustrativo, transcrevem-se as duas respostas dadas pelos mencionados alunos:

“Vou pelo não desce. É, digamos, uma espécie semelhante à do papel. Como há ar aqui dentro, o ar está a exercer pressão nas paredes da garrafa e não pode sair para fora; só pelo funil, porque tem a plasticina a tapar. Acho que ao deitar a água, o ar deixa de estar em equilíbrio com o ar atmosférico. Porque é interrompido pela água que aparece.” (AT3).

“Não entra. Com a plasticina o ar não sai e a água também não entra porque está a fazer pressão” (AT7).

No caso da subcategoria C5, ainda com base nas informações contidas no quadro 54, é possível ver que nela somente se agrupam as explicações construídas por seis alunos (três alunos do 2º ciclo e três do 3º ciclo). A análise das respostas dos referidos alunos mostra que os mesmos têm a noção de que o ar que a garrafa contém é o causador de não passar nenhuma água (quatro alunos) ou de passar apenas alguma água (dois alunos) para a garrafa. Segundo consideram, tornar-se-ia necessário sair o ar para a água poder entrar. Todavia, as explicações construídas não explicitam nenhum conceito/característica inerente ao referido ar que esteja na origem da retenção da água. Apresentam-se os seguintes exemplos de respostas, ilustrativos desta forma de explicar:

“Como isto está bem apertadinho com a plasticina, o ar que está dentro da garrafa não sai e não deixa a água entrar. O ar tinha de sair por ali para a água poder ir lá para dentro” (AS11).

“A água não vai para baixo porque tem ar lá dentro e ele não tem por onde sair. Como não há fuga de ar, não há entrada de água ... ele tinha de sair...” (AS12).

“Não vai cair na garrafa porque o ar que tem lá dentro, fica aqui dentro, na garrafa e a água não pode passar. Como isto aqui está fechado com a plasticina, o ar não pode sair e a água fica em cima. O ar não a deixa cair” (AT9).

“Porque a garrafa tem ar e a plasticina não está a deixar passar o ar. Antes estava aberta e tem sempre ar, mas como tapou, o ar ficou lá e a água já não vai. O ar teria de sair para a água ir para baixo” (AT24).

4.4.5.3. Explicações construídas pelos alunos depois de constatarem a retenção de parte da água dentro do funil

Esta secção reserva-se a apresentar (tabela 41) os resultados obtidos através da análise efectuada às explicações formuladas pelos alunos, após terem observado que parte da água ficava retida no funil. Tal como aconteceu nas anteriores situações problemáticas, também no caso desta situação, todos os alunos apresentaram uma explicação para o fenómeno que observaram.

De acordo com as informações que a tabela 41 regista, evidencia-se que os alunos elaboram, maioritariamente, explicações causais (59 alunos – 78.7%), passando as explicações descritivas a ser usadas por um menor número de alunos (16 alunos – 21.3%). Todavia, mantém-se a ausência total de explicações dos tipos interpretativo e preditivo.

Tabela 41

Características das explicações que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil

Tipos de explicação	Alunos do 1º ciclo (n=25)		Alunos do 2º ciclo (n=25)		Alunos do 3º ciclo (n=25)		Total de alunos (n=75)	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Descritivo	11	44.0	2	8.0	3	12.0	16	21.3
Causal	14	56.0	23	92.0	22	88.0	59	78.7
Interpretativo	—	—	—	—	—	—	—	—

Esta desigual configuração, em relação à utilização dos dois tipos de explicação, sobressai, igualmente, em cada um dos três níveis de ensino. Os alunos do 2º ciclo (23 alunos – 92.0%) e os do 3º ciclo (22 alunos - 88.0%) servem-se, quase na totalidade, de explicações causais, enquanto que os do 1º ciclo, ainda que também utilizem, maioritariamente, explicações deste tipo, não o fazem de forma tão predominante (14 alunos – 56.0%).

Confrontando os resultados das tabelas 40 e 41, nota-se que 1º ciclo é, de facto, o subgrupo que regista menor decréscimo de explicações descritivas (de 25 reduziu para 11), redução que, nos subgrupos dos alunos de idades mais avançadas, é muito mais acentuada (no 2º ciclo, de 20 reduziu para dois e, no 3º ciclo, de 19 diminuiu para três).

i) Subcategorias formadas para as explicações descritivas

As 16 respostas dos alunos, classificadas como explicações do tipo descritivo, foram repartidas por duas (D1 e D2) das três subcategorias (D1, D2 e D3) constituídas aquando da justificação das previsões (quadro 53) e agora expostas, de novo, no quadro 55.

Quadro 55

Subcategorias identificadas nas explicações descritivas que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil (n=16)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=11)	2º C (n=2)	3º C (n=3)
D1: a plasticina está a bloquear a entrada do ar; sem ar a água não entra.	—	1	2
D2: a plasticina está a bloquear/apertar; impede a entrada da água.	11	1	1

A subcategoria D1 continua a integrar um número muito reduzido de respostas nas quais os alunos referem que a plasticina é um obstáculo à entrada do ar, o qual, por sua vez, é necessário à entrada da água. Tinham sido nove professores (quadro 30) que, em 4.3.5.2., tinham considerado que os alunos utilizariam esta forma de explicar, o que constitui um número um pouco superior em relação ao número dos alunos que, efectivamente, usaram a referida ideia. Os alunos que recorrem a explicações com estas características, para justificar a impossibilidade de a água passar para a garrafa, continuam a pertencer aos subgrupos dos mais velhos (2º e 3º ciclos). Transcrevem-se, de seguida, as três respostas dadas pelos referidos alunos, exemplificativas deste subtipo de explicações:

“Não há ar lá dentro para que a água caísse. Há pouco ar lá dentro por causa da plasticina e impede a água de circular. Se tirar a plasticina já entra ar e a água pode passar” (AS3).

“Não há mais ar aqui dentro. Só havia um bocadinho que tinha entrado pelo buraco do funil. Por isso, entrou alguma água. Agora com a plasticina já não entra mais ar e não entra mais água” (AT10).

“Ah! Já sei. Não tem ar aqui dentro porque você tapou com a plasticina. Era preciso que o ar entrasse na garrafa para a água passar. Ao entrar o ar, a água já passa. No momento em que você deitou a água, ainda tinha algum ar e, foi por isso, que nesse momento entrou alguma água” (AT21).

Em relação à subcategoria D2, comparando os resultados dos quadros 53 e 55, vê-se que, apesar de ser, ligeiramente menor, o número de alunos (13 alunos) que usa esta ideia (a plasticina impede a água de entrar), em relação aos que a utilizaram, antes de observarem parte da água retida no funil (15 alunos), o facto é que esse número aumentou, quase para o dobro, no subgrupo do 1º ciclo (de seis alunos passa para 11), tendo reduzido, embora muito ligeiramente, nos outros dois subgrupos, respeitantes aos alunos mais velhos (um aluno em cada nível). Para ilustrar esta forma de explicar a retenção de parte da água, dentro do funil, expõem-se algumas das referidas explicações:

“Por causa da plasticina que impede a água de entrar. Aperta o funil e a água não passa” (AP1).

“A plasticina está ali a prender o gargalo. Está a tapá-lo para a água não ir para baixo” (AP4).

“A plasticina apertou o funil e não deixou passar a água. Se tirarmos a plasticina, a água já entra, porque o funil deixa de estar muito apertado pela plasticina” (AS6).

“É por causa da plasticina. Se nós não tivéssemos a plasticina, a água já passava. Mas ela como está a fazer força no gargalo, a água não passa” (AT23).

Comparando os dados inseridos nos referidos quadros (quadros 53 e 55) com os que o quadro 30 expõe, nota-se que o número dos alunos que responderam usando esta ideia geral (a plasticina impede a entrada da água) foi bastante além do número de professores (seis professores)

que tinham considerado que os alunos deveriam ser capazes de explicar, desta forma, o fenómeno em questão.

ii) Subcategorias formadas para as explicações causais

Pela análise dos dados inseridos no quadro 56, constata-se que as 59 respostas, de tipo causal, apresentadas pelos alunos, foram distribuídas pelas cinco subcategorias já consideradas e apresentadas em 4.3.5.2. (quadro 31), designadamente, C1, C2, C3, C4 e C5.

Quadro 56

Subcategorias identificadas nas explicações causais que os alunos construíram depois de observarem a retenção de parte da água dentro do funil (n=59)

Subcategorias	Níveis de ensino		
	1º C (n=14)	2º C (n=23)	3º C (n=22)
C1: a garrafa tem ar; esse ar ocupa espaço; a água fica sem espaço na garrafa e não consegue entrar	1	6	—
C2: dentro da garrafa tem ar, o ar é um corpo que ocupa espaço; ao deitar a água no funil o ar da garrafa comprime-se, mas só até certo ponto; por isso, mesmo comprimido, continua a ocupar espaço; logo, a água fica sem espaço	5	8	14
C3: a garrafa tem ar; esse ar não pode sair devido à plasticina; esse ar como não sai, exerce pressão sobre a água e esta não entra	3	—	4
C4: dentro da garrafa tem ar que não consegue sair devido à plasticina; o ar sob pressão comprime-se; ao deitar a água no funil, o ar da garrafa comprime-se, diminui de volume e aumenta a pressão	—	—	4
C5: dentro da garrafa tem ar; para a água entrar esse ar teria de sair; como a plasticina impede a saída do ar, este não deixa a água entrar	5	9	—

Quanto às explicações agrupadas na subcategoria C1, verifica-se que o número de alunos (sete alunos) que se serviram delas para explicar a retenção da água no funil aumentou, ligeiramente, em relação aos que as usaram (dois alunos) para fundamentar as previsões, conforme nos mostra o confronto dos resultados expressos nos dois quadros (quadros 54 e 56). Para ilustrar as explicações incluídas na subcategoria C1, transcrevem-se as seguintes respostas:

“Por causa do ar da garrafa que está a ocupar a garrafa até ao funil e não deixa a água entrar” (AP17).

“Não se consegue retirar o ar que está dentro da garrafa por causa da plasticina. Então, é como se fosse não caber os dois lá dentro. O ar ocupa tudo” (AS14).

“Ah! É por causa do ar que está dentro da garrafa. A plasticina está a tapar e não deixa o ar que está lá dentro sair. Esse ar está a ocupar o seu espaço e para a água poder entrar ele tinha de sair” (AS15).

Porém, se tivermos em conta a opinião dos 39 professores (secção 4.3.5.2, quadro 31) que consideraram que explicações com estas características deveriam ser construídas pelos alunos dos três níveis de ensino, então, os sete alunos que apresentaram respostas com esta ideia constituem um número bastante reduzido.

A subcategoria C2, das cinco que o quadro 56 expõe, é a subcategoria que inclui explicações formuladas por um maior número de alunos (27 alunos), designadamente, cerca de metade dos que deram respostas nas quais se identificaram explicações causais (59 alunos). À medida que se avança no nível de escolaridade, aumenta o número de alunos que explicam desta forma (cinco, oito e 14 alunos, respectivamente, nos 1º, 2º e 3º ciclos).

Independentemente do nível etário, e conforme já se verificou, em situações físicas anteriores, são vários os alunos, sobretudo os mais jovens, que ao referir a compressibilidade do ar, usam uma linguagem simples, recorrendo a vocábulos/expressões do dia a dia, tais como: o ar “encolheu”, “juntou-se”, “apertou-se”, “cedeu”. Todavia, presume-se que a ideia que pretendem transmitir, muitas vezes confirmada por gestos, é a de compressão. As seguintes respostas, apresentadas por alunos dos três níveis de ensino, ilustram esta forma de explicar (C2):

“O funil sem a plasticina deixa sair o ar que está dentro da garrafa. O ar saindo, já tem espaço para a água. Aqui, como a plasticina não deixa sair o ar, a água não tem espaço para entrar. Para entrar algumas gotas é porque o ar se comprimiu, porque se ele não podia sair, só assim!” (AP10).

“A plasticina não deixa sair o ar da garrafa. A água não passa porque não tem espaço suficiente porque o ar está lá dentro e a água já não tem espaço para estar toda aqui, na garrafa. Ele está a encolher-se e faz com que consigam entrar algumas gotas de água” (AP11).

“É por causa do ar ocupar espaço. As gotinhas vão entrando porque o ar cedeu um pouco e deu lugar a alguma água” (AS16).

“Se não tivesse a plasticina a água passava porque ela está a tapar e não deixa passar o ar que já ocupa. Ainda entrou alguma porque foi como naquilo da seringa. Também tinha ar lá dentro e você ao empurrar aquilo foi apertá-lo. Aqui, ao tapar e deitar a água, o ar apertou um bocadinho e passou alguma água” (AS19).

“Acho que já cheguei lá! Tem ar antes de pôr a água. Então, como está tudo tapado, o ar não sai para a água entrar. Ao princípio, entrou alguma porque o ar comprime. É como se só houvesse espaço para um. Juntos não podem estar” (AT6).

“O ar está a ocupar espaço. Mas, as partículas do ar juntaram-se todas e ocuparam menos espaço e o espaço que sobrou foi para a água entrar lá” (AT7).

Este número de alunos (27 alunos) cujas respostas se centram na ocupação de espaço por parte do ar existente dentro da garrafa e na possibilidade de uma pequena compressão, é bastante superior ao número de professores (cinco professores) que admitiram que explicações com estas características deveriam ser construídas pelos alunos (quadro 31).

Ainda com base nos resultados registados no quadro 56, constata-se que a subcategoria C3 agrupa sete respostas (três do 1º ciclo e quatro do 3º ciclo). À semelhança da anterior subcategoria (C2), também neste subtipo de explicação (C3) nem sempre os alunos aplicam uma linguagem cientificamente correcta, servindo-se, em alguns casos, de termos do quotidiano, do tipo: “força”, “forte”, “empurrar”, mas que, analogamente, nos levam a considerar que, ainda que de forma implícita, se referem à pressão exercida pelo ar. A título ilustrativo, apresentam-se algumas das referidas explicações:

“É o ar que está no frasco que não deixa passar a água, porque o ar é mais forte que a água” (AP5).

“A plasticina vedou o ar de dentro da garrafa. O ar fez pressão dentro da garrafa; só pingou gotas e só entrou um bocado porque ainda não estava tanta pressão” (AP24).

“É o ar que tem no frasco [...] O ar faz pressão de baixo para cima e impede que a água vá para o frasco” (AT14).

“Porque a plasticina está a tapar a garrafa para não deixar sair o ar e a água entrar. A água quer entrar, mas com a força do ar, entra às pingas. Ao entrar alguma água, o ar fez logo pressão” (AT25).

Conforme é visível (quadro 56), este número de alunos (sete alunos) corresponde a menos de metade do número de professores (15 docentes) que, em 4.3.5.2, consideraram desejável esta forma de explicar (relacionar o conceito de pressão exercida pelo ar existente dentro da garrafa, com a impossibilidade de a água passar, na totalidade, através do funil) e a mais do triplo do número de alunos (dois alunos do 3º ciclo) que, aquando da justificação das previsões (quadro 54), deram respostas que continham a ideia representada por esta subcategoria (C3).

No que respeita à subcategoria C4 que, aquando da fundamentação das previsões, não incluía nenhuma resposta, integra agora, após a observação do fenómeno em questão, quatro respostas dadas por alunos do subgrupo dos mais velhos (3º ciclo), número este que se aproxima bastante (embora ligeiramente menor) do número de professores (três professores) que tinham admitido esta forma de explicar a retenção de parte da água, dentro do funil, por parte dos alunos desse mesmo nível de ensino (quadro 31). Embora estes alunos consigam explicar o fenómeno em questão, de uma forma um pouco mais complexa que os demais (compressão do ar → menor volume → maior pressão), não conjugam, todavia, o comportamento do ar com estes três conceitos. De facto, ficam-se, apenas, por articular a compressão do ar contido na garrafa, neste caso causada pela colocação da água no funil, com uma diminuição de volume e um aumento de pressão.

Expõem-se, de seguida, duas respostas exemplificativas das respostas classificadas nesta subcategoria (C4):

“A água fez alguma força no ar, quando você a deitou. O ar encolheu e entrou alguma água. O ar fica aqui todo preso, não sai e está a fazer pressão” (AT11).

“Porque tem ar dentro da garrafa. É como a do balão. A plasticina está a tapar para o ar não sair. O ar exerce pressão e a água não pode passar. A água ao cair fez muita pressão, o ar ficou mais apertado e entrou alguma. Não há espaço para ele se apertar mais” (AT19).

Por último, no que respeita à subcategoria C5, comparando, novamente, os quadros 54 e 56, verifica-se que, depois de os alunos verem o que acontecia à água, colocada dentro do funil, aumentou o número (de seis alunos passam para 14) dos que “responsabilizaram” o ar contido dentro da garrafa (causa) pela retenção de parte da água no funil (efeito). Para este aumento considerável, contribuíram as respostas dos alunos mais novos (1º e 2º ciclos), uma vez que os alunos mais velhos (3º ciclo) deixaram de explicar desta forma, após observarem o que acontecia à água, dentro do funil. Expõem-se, seguidamente, alguns exemplos de respostas dadas pelos alunos e classificadas em C5:

“O ar não permite que a água passe para a garrafa. Não a deixa entrar. Tapou aqui e ele não sai” (AP2).

“Porque o ar da garrafa não pode sair por aqui para a água poder entrar. A plasticina não deixa que o ar saia e a água fica em cima” (AP6).

“Porque o ar que está na garrafa não está a deixar a água entrar. Se for tirar a plasticina o ar já sai e a água já entra” (AS8).

“O ar que está dentro da garrafa não deve ter deixado passar a água ... Acho que é assim: o ar não pode passar para fora por causa da plasticina. Como não sai, não deixa a água entrar” (AS9).

Também neste subtipo de explicações (C5), o número de alunos (14 alunos) que adoptou esta forma de explicar é bastante menor que o número de professores (39 professores) que admitiram (quadro 31), como desejáveis, explicações com estas características, por parte de alunos (secção 4.3.5.2.).

4.4.6. Discussão dos resultados obtidos no estudo concretizado com os alunos

Concluída a apresentação dos resultados respeitantes ao estudo desenvolvido com os alunos, prossegue-se, nos parágrafos seguintes, com a interpretação dos mesmos, procurando seguir-se as duas vertentes consideradas na obtenção dos dados, referentes ao estudo em questão, designadamente: a) previsão e respectiva fundamentação (antes da observação do fenómeno físico); b) explicação da observação (após a constatação do fenómeno físico).

No que respeita às previsões elaboradas pelos alunos, constatou-se que, independentemente do ano de escolaridade a que pertencem, todos conseguiram fazer previsões, para cada um dos cinco

fenómenos físicos reproduzidos em cada uma das cinco situações consideradas. Tal facto é compatível com os resultados obtidos em outros estudos (ex: Lawrence & Pallrand, 2000; Afonso & Leite, 2003) relativo à capacidade de os alunos, de diferentes níveis etários (alguns dos quais superiores aos nossos) elaborarem previsões acerca de fenómenos físicos.

Contudo, igualmente concordante com as conclusões extraídas desses mesmos estudos e, por isso, já expectável, é a dificuldade que os alunos têm de fazer previsões compatíveis com o que, de facto, acontece. Com excepção de S4 (“balão na garrafa com água quente”), qualquer que seja a situação problemática, a maioria não foi capaz de fazer previsões consistentes com o que, na realidade, acontecia, em cada uma das restantes quatro situações (S1, S2, S3 e S5). Porém, verificam-se algumas diferenças entre os resultados obtidos para essas quatro situações. Assim, S1 (“balão dentro da garrafa”) e S5 (“água e funil”) são as duas situações problemáticas que apresentam o número mais elevado de alunos (quase todos os alunos) a elaborar previsões inconsistentes com o que acontece, quer ao balão (69 alunos), quer à água colocada dentro do funil (70 alunos), enquanto que em S2 e S3, embora esse número continue elevado, é, contudo, ligeiramente menor (55 e 60 alunos, respectivamente). Em contrapartida, a situação S4 (“balão na garrafa com água quente”) é a que regista o menor número de alunos (12 alunos), de qualquer um dos três níveis de ensino, a elaborar previsões incompatíveis (“o balão não enche”) com o que, efectivamente, acontece ao balão (aumento de volume do balão), quando a garrafa é colocada em água, a temperatura elevada.

O facto de apenas, em uma só situação problemática (S4), a maioria dos alunos ter previsto um comportamento compatível com o que, na realidade se passa, causa-nos alguma estranheza, na medida em que, tratando-se de um conjunto de situações problemáticas bastante semelhantes, quer em termos de familiaridade dos alunos com o material utilizado (familiar aos alunos), quer em relação ao conteúdo que envolvem, então, deveria constatar-se um maior número de alunos, a efectuar previsões correctas, também nas restantes situações. Contudo, tal não aconteceu, o que nos leva a supor que as previsões formuladas, em qualquer uma das cinco situações descritas, em vez de resultarem de uma reflexão sobre a situação, podem ter sido fruto de uma reacção imediata e intuitiva, resultante não só da pressão para responder, mas também das vivências diárias dos alunos. No caso de S4, o conhecimento que possuem sobre o assunto (referiram que o calor faz encher balões, tal como acontece com os balões do S. João) foi-lhes, de certa forma, favorável, levando-os a formular previsões consistentes com o que acontecia. Nas restantes situações, esses conhecimentos do dia a dia já os levaram a formular previsões inconsistentes com o que se passava ou porque as situações

eram, apenas, aparentemente, semelhantes às do dia a dia ou porque a familiaridade com a situação está associada a uma observação parcial da mesma: soprando para dentro de um balão ele enche (S1); a água molha o que quer que seja (S2); os líquidos passam através dos funis (S5). No caso específico de S3, embora a maioria dos alunos tivesse previsto para o êmbolo um comportamento incompatível com o que, efectivamente, acontecia (“o êmbolo não desce nada”) trata-se, todavia, de uma previsão que se aproxima bastante da previsão correcta (“o êmbolo desce pouco”).

Considerando, agora, os três subgrupos de alunos envolvidos no estudo, destacam-se, a este respeito e, na generalidade das situações apresentadas, os alunos mais velhos, designadamente, os do 3º ciclo, pelo facto de serem os que, em maior (ainda que reduzido) número, prevêem correctamente o que acontece, seguidos dos do 2º ciclo e, por último, dos alunos mais jovens, especificamente, os do 1º ciclo. Se por um lado, os alunos mais velhos possuem um percurso académico que já lhes permitiu abordar, ao longo de vários anos de escolaridade, os conteúdos relacionados com cada um dos fenómenos considerados e, portanto, faz sentido que sejam, entre todos, os que, em maior número, prevêem correctamente, por outro lado, não se esperava que os alunos mais novos, tivessem, em tão reduzido número, elaborado previsões correctas, na medida em que, sendo frequentadores dos últimos anos de escolaridade dos 1º e 2º ciclos (4º e 6º anos, respectivamente), também já tiveram oportunidade (ainda que de forma menos complexa) de abordar os referidos conteúdos, pelo que deveriam revelar-se mais conhecedores destes assuntos. Somente na primeira situação problemática (“balão dentro da garrafa”), os alunos pertencentes aos três níveis de ensino conseguiram prever correctamente, em igual, mas muito reduzido número (dois alunos em cada subgrupo) o que acontece ao balão nas condições descritas. Na última situação problemática (“água e funil”), nenhum aluno do 1º ciclo conseguiu prever, correctamente, o que aconteceria à água, sendo esta situação a única em que o número dos alunos do 2º ciclo (três alunos), que prevêem correctamente, é ligeiramente superior aos do 3º ciclo (dois alunos).

Em relação às respostas apresentadas pelos alunos, de qualquer um dos três níveis etários, com o intuito de fundamentar os comportamentos previstos, apesar de alguns terem efectuado previsões adequadas, um elevado número de alunos forneceu respostas nas quais se identificaram explicações descritivas e, por conseguinte, um reduzido nível de complexidade nessa fundamentação. Estas constatações não contrariam as nossas expectativas a este respeito; antes, revelam-se concordantes com os resultados de alguns estudos, anteriormente referidos (ex: Driver *et al.*, 1997; Tytler, 1998; Shepardson & Britsch, 2004), e nos quais participaram alunos com idades (dos seis aos

nove e dos 12 e aos 16) muito semelhantes às dos alunos do presente estudo. Na verdade, pelos resultados obtidos, pudemos constatar que os alunos, quando convidados a justificar as suas previsões (antes da observação de cada um dos fenómenos), centravam-se, basicamente, no que é observável ou em conhecimentos prévios do dia a dia, já conhecidos, suportando, tal como afirmaria Ogborn *et al.*, (1997), as explicações no mundo dos sentidos, em detrimento do mundo das ideias. Na maioria das situações consideradas (S1, S2, S4 e S5), quase todos os alunos, independentemente do nível de escolaridade a que pertenciam (embora os do 3º ciclo, em menor número), apresentaram respostas nas quais se identificaram, fundamentalmente, explicações descritivas. Na terceira situação problemática (“embolo da seringa”), somente quatro alunos dos mais jovens (1º ciclo) recorreram a este tipo de explicação, tendo quase todos (70 alunos) utilizado as explicações causais.

Assim, enquanto que em S1, S2, S5, se evidencia uma concordância entre o elevado número de alunos que efectuaram previsões incorrectas e o elevado número dos que formularam explicações inadequadas para as justificar (previram “mal” e explicaram “mal”), em S3 e em S4, tal não aconteceu; antes, sobressai uma certa inconsistência entre a qualidade das previsões e a adequação das respectivas explicações. Com efeito, em S3, embora um elevado número de alunos tenha elaborado previsões incompatíveis com o que, efectivamente, se passava com o êmbolo da seringa, construíram, contudo, explicações adequadas para fundamentar essas previsões, entendendo que o ar existente dentro da garrafa era o responsável pelo fenómeno em questão (previram “mal”, mas explicaram “bem”). No que respeita a S4, os alunos previram, maioritariamente, comportamentos adequados para o balão, admitindo o seu aumento de volume, mas, as explicações que apresentaram foram, predominantemente, inadequadas (previram “bem”, mas explicaram “mal”).

No que concerne às respostas apresentadas pelos alunos, depois de constatarem o que acontecia em cada uma das situações, a tendência simplista, detectada aquando da previsão, apenas se manteve idêntica nas respostas dos alunos do subgrupo dos mais novos (1º ciclo). Quanto aos outros dois subgrupos (2º e 3º ciclos), registaram-se algumas diferenças entre a fase da previsão e a fase da constatação, nomeadamente, um aumento do nível de complexidade das explicações formuladas, traduzido, sobretudo, pela utilização de explicações causais, ou seja, as alterações processam-se no sentido: tipo descritivo → tipo causal. Mesmo assim, S4 foi a situação onde se verificou menor decréscimo das explicações descritivas, quando se comparam os resultados da fase de previsão com os da fase de constatação. Estas explicações passaram, juntamente com as explicações

causais, a ser usadas por um número idêntico de alunos (34 e 33 alunos, respectivamente), na fase de constatação.

Apesar do número razoável de alunos (2º e 3º ciclos) que estabelecem relações causais, sobretudo, depois de observarem os fenómenos, estas relações nem sempre são completas. Nas respostas que dão, os alunos somente mencionam a grandeza física (ex: pressão) ou a característica física (ex: compressibilidade) interveniente na ocorrência do fenómeno (“faz pressão/força”; “ocupa espaço”; “está muito cheia”) e não aprofundam de que forma essa grandeza e/ou característica actua, em relação ao ar contido nos recipientes fechados.

Não obstante os resultados obtidos sugerirem que o nível de complexidade das explicações vai aumentando, ligeiramente, com o avançar do nível de escolaridade, verifica-se, contudo, que as explicações do tipo interpretativo escasseiam (S3 e S4) ou estão totalmente ausentes (S1, S2 e S5). São, de facto, muito poucos os alunos (nem mesmo os do 3º ciclo) que explicam, quer antes, quer depois de observarem o fenómeno, com base em modelos físicos e em entidades, incluídas nesses modelos. Este resultado era de esperar, tendo em conta alguns estudos, atrás referidos (ex: Driver *et al.*, 1997; Afonso & Leite, 2003), que revelam que são muito poucos os alunos que explicam com base em modelos teóricos. Se, por um lado, conforme já atrás se expôs (em 4.3.7.), este facto não deixa de ser compreensível nos alunos de níveis etários mais baixos (1º ciclo ou até mesmo 2º ciclo), era suposto que os alunos de idades mais avançadas (3º ciclo), tendo já concretizado um percurso académico que lhes permitiu abordar conceitos (como o conceito de pressão) e modelos (como o modelo corpuscular do ar), avançassem com explicações mais complexas. Porém, tal facto não se verificou, o que leva a questionar a eficácia do ensino em termos de transferência dos conhecimentos para o dia a dia, dado que, algumas das situações com que se trabalhou fazem parte do quotidiano.

Associada a esta dificuldade em explicar os fenómenos físicos, há, ainda, o facto de algumas explicações terem como suporte concepções alternativas, o que também é consonante quer com a opinião de alguns especialistas (Driver *et al.*, 1994; 1996), no que respeita à dificuldade de compreensão e articulação de conceitos relacionados com “o Ar”, quer com as conclusões a que outros especialistas chegaram, em estudos que desenvolveram e se centram na construção das explicações sobre fenómenos físicos (Tytler, 1998). Tais concepções são visíveis quando os alunos, por exemplo: i) ignoram a existência de ar dentro da garrafa (S1) ou dentro do copo (S2), uma vez que associam o ar a movimento e nunca o consideram existente em recipientes e/ou recintos fechados; ii) admitem que o ar é uma substância (e não uma mistura de substâncias), sendo frequente, nas

respostas que dão, a indiferenciação entre ar e oxigénio; iii) atribuem ao balão uma característica dos seres vivos, referindo que ele não consegue encher devido à falta de ar, dentro da garrafa (S1); iv) desconhecem que o vapor de água é um dos constituintes do ar, justificando o enchimento do balão (S4) com o vapor de água que se forma, a partir da água quente; v) confundem densidade e peso, afirmando que o ar quente é menos leve e, por isso, sobe e enche o balão (S4); vi) afirmam que os átomos se dilatam (S4) e, conseqüentemente, o ar aumenta de volume.

A falta de familiarização com as actividades descritas, demonstrada pela quase totalidade dos alunos (expectativa antes de observarem o fenómeno e admiração após constatarem o que acontece), ainda que mais notada, sobretudo, nos alunos mais novinhos (1º ciclo), bem como a inadequada interpretação acerca dos fenómenos em causa, por um número considerável de alunos, são dois aspectos que podem ser um indício das raras oportunidades facultadas aos alunos em contactar com situações educativas deste tipo e que podem, por conseguinte, ter influenciado, pelo menos em parte, as explicações construídas pelos alunos.

Por outro lado, tendo em conta a dependência dos alunos relativamente ao manual escolar, bem como o facto de existirem evidências de que estes usam explicações pouco complexas (Leite & Figueiroa, 2004) e de que os professores (e futuros professores), dos diferentes níveis de ensino lidam com a explicação científica, habitualmente, de forma inadequada (Dagher & Cossman, 1992; Lawrence & Pallrand, 2000; Afonso & Leite, 2004; Taylor, 2001; Newton, 2002; Kikas, 2004), então, talvez seja de admitir que as dificuldades demonstradas pelos alunos, em prever e em explicar os fenómenos considerados no presente estudo, tenham também a ver com estes dois factores.

A forma de explicar, demonstrada pelos alunos, articula-se, inevitavelmente, com o modo como lidam com a inter-relação dados/evidências/conclusões. A análise dos resultados obtidos com os alunos sugere que, tal como já Sandoval (2001) e Afonso & Leite (2003) haviam constatado, a maioria dos alunos centra a sua atenção apenas em alguns dados, não sendo capaz de transformar as observações em evidências necessárias ao suporte das ideias de que se servem na explicação do respectivo fenómeno. Constitui disso um exemplo, o caso do “balão dentro da garrafa” (S1). Apesar de se poder constatar que ao soprar no balão, ele nem sequer toca nas paredes da garrafa, muito poucos alunos, independentemente do nível de ensino, conseguiram fazer desse facto uma evidência de que o obstáculo ao enchimento não era a garrafa (se fosse o balão encheria até ao limite da garrafa), mas sim o ar nela contido. Situação análoga é a verificada em S2 (“papel dentro do copo”), uma vez que, quando o copo toca na água, na vertical, esta teria oportunidade de entrar, mas, pelo contrário, podem

constatar que isso não acontece. Este dado constituiria evidência de que o impedimento não seria o copo e/ou a sua estrutura/formato, mas sim no ar contido dentro dele.

Para concluir, pode considerar-se que os resultados obtidos neste estudo acabam por confirmar que os alunos têm dificuldades em prever e em explicar os fenómenos físicos considerados. Todavia, convém salientar que, caso as entrevistas se realizassem em grupo, talvez se tivesse obtido resultados um pouco diferentes, na medida em que, em situação de grupo, as respostas de uns alunos poderiam influenciar as de outros (Barbour & Kitzinger, 1999). De qualquer forma, uma vez que se confirma a forma insuficiente e, por vezes, pouco adequada, usada na previsão e na explicação de fenómenos físicos, por parte dos alunos, parece necessário ter em conta aspectos que poderão contribuir para uma requalificação do ensino das Ciências, no que se refere ao ensino e à aprendizagem da explicação científica de fenómenos físicos e naturais. Assim, parece necessário envolver activamente os alunos na aprendizagem de explicações científicas de fenómenos que lhes sejam, ou não, familiares, de tal modo que possam reconstruir e/ou desenvolver as suas explicações prévias. Esta aprendizagem terá mais probabilidade de ser bem sucedida se os fenómenos naturais, reproduzidos em contexto laboratorial, forem seleccionados com situações do dia a dia. Deste modo, os alunos poderão tomar consciência da aplicabilidade das Ciências na vida humana, ficar mais motivados para a aprendizagem e realizar aprendizagens mais integradoras e úteis para o dia a dia.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

5.1. Introdução

Pretendendo-se, com a consecução desta tese, averiguar a forma como os manuais escolares de Ciências, os professores e os alunos do Ensino Básico explicam determinados fenómenos físicos, apresentam-se neste capítulo as conclusões gerais (5.2), extraídas em cada um dos três estudos desenvolvidos. Fará, ainda, parte integrante deste capítulo, a discussão das implicações que os resultados deste trabalho de investigação trazem para a Educação em Ciências (5.3), a nível das três vertentes que contempla, designadamente: manuais escolares (elaboração e selecção), professores (conhecimento e ensino das explicações científicas) e alunos (aprendizagem e explicação de fenómenos físicos). Por último, a derradeira secção apresentam-se algumas recomendações 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 as questões de investigação formuladas e às quais procurámos responder com cada um dos três estudos realizados, especificamente:

- Estudo desenvolvido com manuais escolares de Ciências, incidindo nas explicações científicas associadas às actividades laboratoriais que os mesmos propõem para o tema “características e os comportamentos do ar”;
- Estudo desenvolvido com professores, centrado nas explicações que estes admitem que os alunos deverão ser capazes de formular acerca dos cinco fenómenos físicos escolhidos e na relação destas com as que eles próprios consideram como mais adequadas;
- Estudo desenvolvido com alunos, focado nas explicações que os alunos do Ensino Básico propõem, para os cinco fenómenos físicos considerados.

5.2.1. Conclusões do estudo desenvolvido com manuais escolares

A primeira questão de investigação exige que sejam averiguadas as características das explicações científicas que os manuais escolares de Ciências do Ensino Básico facultam, nas actividades laboratoriais que propõem para o tema “características e comportamentos do ar”.

A análise dos dados obtidos no estudo realizado com 30 manuais escolares, apresentada no sub-capítulo 4.2, permitiu constatar que:

- No conjunto dos três subgrupos dos manuais escolares analisados, nas actividades laboratoriais que incluem, predominam as explicações causais, seguidas das explicações descritivas e, por último, as explicações interpretativas;
- Ao longo dos três níveis de ensino (1º, 2º e 3º ciclos), decrescem as explicações causais; aumentam as explicações descritivas do 4º para o 5º ano, diminuindo do 5º para o 8º ano; as explicações interpretativas, presentes, em número reduzidíssimo, no 4º ano, estão ausentes no 5º ano e assumem uma percentagem considerável, no 8º ano;
- Os três tipos de explicação considerados (descritivo, causal e interpretativo) apenas estão presentes nas actividades laboratoriais de dois subgrupos dos manuais escolares analisados (4º e 8º anos); no subgrupo dos manuais do 5º ano, somente foram identificados dois tipos de explicação (descritivo e causal);
- As explicações causais predominam (mais de metade) nos manuais escolares dos dois primeiros níveis de escolaridade (1º e 2º ciclos), ainda que, nos manuais do 3º ciclo, este tipo de explicação também foi identificado em metade das actividades laboratoriais que incluem;
- As explicações descritivas não têm presença dominante, em nenhum dos subgrupos dos manuais analisados, embora estejam presentes, em maior número, no subgrupo do 5º ano;
- As explicações do tipo interpretativo escasseiam no subgrupo de manuais do 4º ano e estão totalmente ausentes no subgrupo do 5º ano. Em contrapartida, surgem, em número considerável, nos manuais escolares de Ciências Físico-Químicas do 8º ano;
- Os dois primeiros subgrupos de manuais (4º e 5º anos) evidenciam algumas semelhanças, no que respeita aos tipos de explicação identificados nas actividades que incluem: escasseiam (4º ano) ou estão totalmente ausentes (5º ano) as explicações interpretativas; as explicações causais têm presença maioritária e as explicações descritivas estão presentes, em número

considerável. Contrastam com esta configuração, os manuais escolares de Ciências Físico-Químicas do 8º ano, pois, são o subgrupo que, nas actividades que sugerem, incluem menos explicações quer descritivas, quer causais e o que inclui mais explicações interpretativas;

- Facultam-se poucas oportunidades para que se estabeleçam relações entre os diversos conceitos, necessários à explicação dos fenómenos físicos, pois, na maior parte dos casos, as explicações que facultam emergem, directamente, das informações dadas ou dos dados recolhidos;
- Não se promove, em mais de metade das actividades incluídas nos manuais escolares analisados, uma adequada inter-relação de dados/evidências/conclusões. Com efeito, nos protocolos analisados (quase todos no 4º ano, cerca de dois terços no 5º ano e mais de metade no 8º ano), exige-se que o aluno conclua sem que tenha evidências para o fazer; antes, fornecem dados ou dão indicações no sentido de recolherem dados que são insuficientes para se poder concluir o que se deseja.

Deste modo, parece poder concluir-se que concluir que as actividades laboratoriais, referentes ao tema em causa e incluídas nos referidos manuais escolares, não promovem uma adequada inter-relação dados/evidências/conclusões e raramente fomentam a utilização de modelos, para interpretar os dados recolhidos. Uma vez que os manuais escolares são indissociáveis do processo educativo (Gerard & Rogiers, 1998; Tiana Ferrer, 1999) e incluem a maior parte das actividades laboratoriais a que os professores recorrem, pelo menos, no 2º ciclo (Leite & Dourado, 2005) e no 3º ciclo (Dourado, 2001; Dourado & Leite, 2006) do Ensino Básico, deveriam, portanto, prestar um precioso contributo na concretização de uma completa Educação em Ciências, designadamente, no que respeita à explicação de fenómenos físicos. Contudo, os resultados obtidos no presente estudo, que são consonantes com os de estudos anteriormente realizados, no país (Leite, 2002; Leite & Figueiroa, 2002; 2004) e no estrangeiro (ex: Unsworth, 2001; Jiménez Valladares & Perales Plácios, 2002; Newton *et al.*, 2002), apontam para a apresentação e/ou a solicitação de explicações pouco complexas, que não exigem, explicitamente, o recurso a modelos teóricos e/ou que não assentam em evidências empíricas. Assim sendo, e pese embora o facto de a investigação em Educação em Ciências realçar a necessidade de dotar os alunos de competências relacionadas com a selecção e a avaliação das evidências de algo e a elaboração de conclusões a partir de evidências empíricas (Korpan, Bisanz & Bisanz, 1997; Taylor, 2001; Bennett *et al.*, 2005; Hogarth *et al.*, 2005; Séré *et al.*, 2005) e de o Currículo Nacional do

Ensino Básico (DEB, 2001) também destacar o relacionamento de “evidências e explicações” (p. 133), a “análise de evidências na explicação científica” (p. 136) e o “confronto das explicações dadas pela Ciência” [...] “com as evidências e os dados obtidos pelo estudo desses fenómenos” (p. 140), os manuais escolares não parecem estar a conseguir fazer o máximo, no que respeita à promoção da aprendizagem da explicação de fenómenos físicos pelos alunos.

5.2.2. Conclusões do estudo realizado com os professores

A segunda questão de investigação tinha a ver com os tipos de explicação que os professores de Ciências, do Ensino Básico, consideram que os alunos dos três ciclos deverão ser capazes de construir e com as explicações que eles próprios consideram ser as mais completas, relativamente a fenómenos do âmbito do tema “características e comportamentos do ar”.

A análise dos dados relativos ao estudo desenvolvido com 165 professores e descrita em 4.3, leva-nos a concluir que:

- A maioria dos docentes, de qualquer um dos três níveis de ensino considerados, reconhece que os alunos deverão ser capazes de construir explicações sobre os fenómenos físicos em questão, relacionados com as “características e comportamento do ar”. Porém, o número de docentes que perfilha tal opinião depende das situações problemáticas em causa;
- Qualquer que seja o nível de escolaridade, um número considerável de professores independentemente não acredita que os alunos sejam capazes de explicar os fenómenos reproduzidos nas situações problemáticas que não surgem, ou que raramente surgem, nos manuais escolares, especificamente, em S2 (“papel dentro do copo”), em S4 (“balão na garrafa com água quente”) e em S5 (“água e funil”);
- A maioria dos professores, dos três níveis de escolaridade, considera que os alunos, para explicar os fenómenos físicos considerados, deverão ser capazes de utilizar explicações que foram classificadas, por nós, como explicações causais, enquanto que é reduzido o número dos professores que admitem, por parte dos alunos, o recurso a explicações que classificámos de descritivas e, muito reduzido o número dos que acham que os alunos se deveriam servir de explicações que nós incluímos nas explicações interpretativas;

- Nas explicações causais que os professores consideram que os alunos deverão ser capazes de usar, as relações do tipo causa-efeito que estabelecem são muito lineares e pouco complexas, sendo, apenas referida a variável, sem a especificação da forma como a mesma actua;
- Na maioria das explicações que os professores apresentam como sendo explicações que os alunos deveriam ser capazes de construir, os professores não fazem uso das evidências necessárias para explicar o fenómeno em questão, direccionando a atenção, apenas para alguns dados, sobretudo para os fornecidos explicitamente;
- Um número considerável de explicações que os professores apresentaram como sendo explicações que consideram que os alunos, pertencentes aos três níveis de escolaridade, deverão ser capazes de formular, tem por base concepções alternativas, acerca dos fenómenos considerados (sobretudo em S4);
- Sobretudo, os docentes pertencentes aos subgrupos dos 1º e 2º ciclos, utilizam uma linguagem pouco diferenciada e cientificamente pouco correcta, Os professores do 3º ciclo são os que usam uma linguagem cientificamente mais correcta, nas respostas que apresentam;
- Os docentes dos níveis etários mais baixos (1º e 2º ciclos) são os que, em maior número, admitem como completas as explicações que tinham considerado que os alunos deveriam ser capazes de construir, embora, muitas delas, não sejam correctas e/ou adequadas;
- Apenas um reduzido número de docentes, do qual fazem parte, fundamentalmente, os professores do 3º ciclo, apresenta as suas próprias explicações acerca do fenómeno em questão, ou seja, as que consideram como explicações completas. Porém, estas apresentam muita semelhança com as que eles haviam considerado que os alunos deveriam conseguir formular, reflectindo, algumas delas, concepções erradas, semelhantes às evidenciadas pelas respostas que consideraram que os alunos deveriam dar.

Com efeito, os resultados deste estudo sugerem que os professores não só não parecem considerar muito importante o desenvolvimento nos alunos de competências que lhes permitam avançar com explicações complexas para fenómenos físicos (aspecto que é especialmente grave nos professores de 3º ciclo), como também eles próprios apresentam dificuldades, de diversa natureza, na elaboração de explicações para os fenómenos em causa neste estudo.

Estes resultados são consistentes com os de estudos que envolveram quer futuros professores (Lawrence & Pallrand, 2000; Leite & Afonso, 2004), quer professores já profissionalizados e em

exercício de funções (Dagher & Cossman, 1992; Kikas, 2004) e sugerem que é grande a probabilidade de o ensino da explicação de fenómenos físicos, bem como do desenvolvimento de competências nos alunos, relacionadas com a construção de explicações, empiricamente fundamentadas, não serem bem sucedidos.

5.2.3. Conclusões do estudo concretizado com alunos

A terceira e última questão de investigação tinha a ver com a análise dos tipos de explicação que os alunos do Ensino Básico (4º, 6º e 9º anos) propõem para os mesmos fenómenos físicos, considerados no estudo desenvolvido com professores e, portanto, respeitantes ao mesmo tema (“características e comportamentos do ar”).

Pela análise dos dados obtidos no estudo, realizado com 75 alunos e exposta no sub-capítulo 4.4, parece-nos ser possível obter as seguintes conclusões gerais, quanto à forma como os referidos alunos prevêem e explicam os fenómenos físicos considerados:

- Conseguem, independentemente do ano de escolaridade que frequentam, formular previsões, perante a descrição das situações problemáticas consideradas. Porém, a maioria dos alunos, principalmente os mais jovens, não consegue fazer uma previsão correcta, em quatro das cinco situações descritas. A situação S4 (“balão e água quente”) é a única em que uma elevada percentagem de alunos, dos três níveis de ensino, elaboram previsões consistentes com o que na realidade acontece;
- Revelam-se capazes, qualquer que seja o nível etário, de explicar quer os comportamentos que previram, quer as observações efectuadas. Todavia, a generalidade dos alunos evoca razões demasiado simples e incompletas, tornando-se evidente a ausência generalizada de complexidade nas explicações que formulam;
- Tendem, sobretudo os mais jovens (1º ciclo), a recorrer mais às explicações descritivas (quer antes, quer após a constatação dos fenómenos em questão), do que às causais que, por sua vez, foram mais usadas, depois da observação dos fenómenos, principalmente pelos alunos dos 2º e 3º ciclos;
- Raramente os alunos, nomeadamente, os que pertencem aos níveis etários mais baixos (1º e 2º ciclos) se servem de explicações do tipo interpretativo, quer para fundamentar as previsões, quer

para explicar a observação dos fenómenos. Apenas um número muito reduzido de alunos, quase todos de 3º ciclo, explicam com base em modelos teóricos;

- Ainda que estabeleçam relações causais para explicar o fenómeno, a maioria dos alunos, pertencentes aos três níveis de ensino, explica-os de forma incompleta ou incorrecta, apenas referindo o factor que interfere na ocorrência do mesmo, sem esclarecer de que forma actua sobre o ar contido dentro dos vários recipientes (garrafa, copo, seringa);
- Por vezes, fundamentam as previsões e explicam o fenómeno com base em concepções alternativas e/ou em conhecimentos do quotidiano, não fazendo uso dos dados que constituiriam evidências das explicações que constroem; antes, centram a sua atenção, apenas em alguns dados, sobretudo, os fornecidos. Isto verifica-se na quase totalidade dos alunos, em qualquer um dos três níveis de ensino.

Assim, os resultados deste estudo indicam que, embora os alunos intervenientes neste estudo sejam capazes de prever e de explicar os fenómenos reproduzidos, em cada uma das cinco situações problemáticas consideradas, a forma como o fazem nem sempre é a mais adequada ou completa, pois, dificilmente apoiam as explicações em modelos teóricos e/ou em evidências empíricas, mas antes, tomam por base, em grande parte dos casos, conhecimentos de que já dispõem do seu dia a dia ou concepções alternativas. Acresce que, ainda que o nível de complexidade das explicações formuladas pareça aumentar com o avançar do nível de escolaridade, o facto é que as explicações do tipo interpretativo estão presentes em número muito reduzido. Os resultados deste estudo são compatíveis com os resultados de alguns estudos atrás referidos (ex: Driver *et al.*, 1997; Lawrence & Pallrand, 2000; Sandoval, 2001; Afonso & Leite, 2003), os quais revelam que são muito poucos os alunos que explicam com base em modelos teóricos cientificamente aceites.

No caso do presente estudo, se, por um lado, esta constatação era esperada nos alunos mais jovens, nomeadamente, nos do 1º ciclo ou até mesmo nos do 2º ciclo, por outro lado, era de prever que os alunos de idades mais avançadas (3º ciclo), tendo já concretizado um percurso académico que lhes permitiu abordar conceitos, como o conceito de pressão, e modelos, como o modelo corpuscular do ar, avançassem com explicações mais complexas. Parece, portanto, que não há apenas problemas com o conhecimento científico, envolvido nas explicações dos fenómenos físicos em causa, mas também com a natureza e as exigências da explicação de fenómenos físicos e, ainda, na relação desta com modelos teóricos e evidências empíricas.

5.2.4. Conclusão geral

Como síntese final e em resposta às três questões de investigação formuladas, especificamente, centradas nos tipos de explicação científica que, por um lado, os manuais escolares de Ciências facultam, nas propostas de actividades laboratoriais que incluem, e por outro lado, os professores e os alunos do Ensino Básico constroem, acerca de fenómenos físicos relacionados com as “características e comportamentos do ar”, podemos afirmar que, quer uns (manuais escolares) quer outros (professores e alunos) lidam com o assunto de forma muito semelhante e inadequada, qualquer que seja o nível de escolaridade considerado. Com efeito, sobressai, frequentemente, uma inadequada inter-relação dados/evidências/conclusões, pelo que, na maior parte dos casos, as explicações não são apoiadas nas evidências consideradas necessárias para se concluir o que se pretende, nem derivam de modelos usados explicita e adequadamente, para explicar os diversos fenómenos.

Pode, portanto, afirmar-se que, no caso dos manuais escolares, não se verifica consonância com os princípios gerais, defendidos para o ensino das Ciências, nem com as orientações programáticas e curriculares, a respeito da explicação científica de fenómenos físicos e naturais, pois, quer uns quer outros reconhecem a importância de facultar aos alunos oportunidades de seleccionar e interpretar dados que constituem evidências das conclusões a extrair das actividades realizadas. Tendo em conta que as práticas dos professores são muito dependentes dos manuais escolares e sabendo que os resultados constituem evidências de que os professores, não só parecem ser pouco exigentes no que respeita às explicações científicas, a elaborar pelos seus alunos, como têm eles próprios algum desconhecimento das explicações adequadas, então, é pouco provável que, nas suas aulas, eles fomentem, adequadamente, as competências explicativas dos alunos. Este resultado é especialmente preocupante, pelo facto de os próprios alunos tenderem, também eles, a fornecer explicações teórica e empiricamente pouco fundamentadas e, portanto, precisarem não só de aprenderem conceitos e princípios científicos, relevantes para a compreensão dos fenómenos em causa, mas também de aprender a elaborar explicações adequadas.

5.3. Implicações para a Educação em Ciências

Uma vez que se confirma a forma insuficiente e, por vezes, pouco adequada, usada na explicação de fenómenos físicos, quer por parte dos manuais escolares, quer por parte dos professores, quer, ainda, por parte dos alunos, parece-nos evidente a necessidade de salientar

aspectos que, face aos resultados desta investigação, poderão contribuir para uma requalificação do ensino das Ciências, mais precisamente, no que respeita à elaboração, selecção e utilização dos manuais escolares, à formação dos professores (inicial e/ou contínua) e à aprendizagem de conceitos e de explicações científicas, por parte dos alunos. A pretensão é, portanto, apresentar sugestões que possam contribuir para uma melhoria do ensino das Ciências, em particular, para uma optimização da forma de explicar e de facultar acesso ao conhecimento científico aos nossos alunos, uma vez que, como defendem Cachapuz *et al.* (2001), a pior imagem que lhes podemos dar das Ciências “é a de uma retórica de conclusões” (p. 53).

5.3.1. Implicações ao nível dos manuais escolares

Sabendo-se que os manuais escolares se apresentam como uma ferramenta disponível, no ensino e na aprendizagem das Ciências (Campanário & Otero, 2000) e que os professores são muito influenciados pelo manual escolar, na escolha das actividades laboratoriais que realizam nas aulas (Dourado, 2001; Leite & Dourado, 2005; Dourado & Leite, 2006) e que, quer nesta investigação, quer em outras já realizadas anteriormente (Leite & Figueiroa, 2002; 2004), se tem vindo a constatar que os tipos de explicação associados às actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares revelam um baixo nível de complexidade e, por vezes, de adequação científica, parece necessário que os autores de manuais escolares estejam mais atentos à qualidade e à diversidade das explicações científicas que associam às actividades laboratoriais que propõem nos seus manuais.

Por outro lado, e dado que os alunos parecem precisar de aprender a explicar, as actividades laboratoriais incluídas nos manuais escolares deveriam ser estruturadas de forma a lhes facultarem oportunidades de recolher, seleccionar e interpretar os dados, transformando-os nas evidências necessárias para suportar as conclusões. Isto implica o aumento do grau de abertura das actividades laboratoriais propostas pelos manuais escolares e o conseqüente abandono dos protocolos laboratoriais de tipo receita que se tem constatado (Figueiroa, 2001; Moreira, 2003) serem muito frequentes nos manuais escolares. Todavia, para ter sucesso, esta alteração requer a sua explicitação e compreensão por parte dos professores que, como se sabe (Hodson, 1998a); Porlán Ariza & Martín del Pozo, 2004) tendem a resistir à inovação didáctica, nomeadamente, à veiculada por alguns manuais escolares. O livro do professor poderia ser usado para este fim.

A introdução, nos manuais escolares, das alterações anteriormente referidas, requerem que as editoras seleccionem autores de manuais escolares de Ciências que possuam uma formação específica, avançada e actualizada, na área das Ciências e da Educação em Ciências, a fim de garantir uma maior qualidade científica e pedagógica na abordagem deste assunto, pelos manuais escolares. Esta medida acabaria por evitar que, um mesmo autor (ex: no 1º ciclo) participe na elaboração de manuais escolares respeitantes a diferentes disciplinas/áreas, sem, obviamente, possuir conhecimentos, quer científicos quer didácticos, suficientemente profundos, em nenhuma, ou pelo menos na maioria delas. Esperemos que a prevista entrada em funções das Comissões de Avaliação de manuais escolares faça com que a qualidade destes recursos pedagógicos aumente, não só em termos científicos, mas também em termos didácticos, designadamente, no que respeita às actividades laboratoriais e à explicação de fenómenos físicos.

5.3.2. Implicações ao nível da formação dos professores

Uma vez que os professores são os mediadores do processo educativo (González Garcia & Jiménez Liso, 2005), cabendo-lhes a tarefa de explicar, aos alunos, as explicações científicas construídas pelos cientistas (Ogborn, 1994; Ogborn *et al.*, 1997) e se verificou, através dos resultados obtidos neste estudo e em outros realizados por vários especialistas (Kanari & Millar, 2004; Kikas, 2004; Sandoval & Reiser, 2004) que os professores revelam dificuldades, não só na construção mas também na explicação das mesmas aos alunos, torna-se imprescindível organizar “espaços” de formação de professores que, centrados na explicação de fenómenos físicos, contribuam para sensibilizar os docentes para a natureza e características da explicação científica e, até para os preparar para ensinarem, da forma mais adequada, as explicações de fenómenos físicos aos seus alunos. Essa formação deveria, entre outros, dar-lhes a conhecer as perspectivas preconizadas pelos especialistas e pelos próprios documentos curriculares, nesse domínio, incentivar o confronto entre essas perspectivas e as suas práticas lectivas e fomentar o repensar das mesmas, com vista à adopção de práticas lectivas mais adequadas.

Para além disso, e uma vez que ninguém consegue explicar de uma forma cientificamente aceite aquilo que desconhece (Ogborn *et al.*, 1997), deverá a formação contínua de professores incluir uma componente teórica que permita aos professores aprofundar os seus conhecimentos científicos. Por outro lado, dado que as concepções e as crenças epistemológicas dos professores acerca das

Ciências parecem poder influenciar as suas práticas pedagógicas (Canavarro, 2000; Freire, 2000; Kang & Wallace, 2004), nomeadamente, no que respeita ao modo como concebem e lidam com a explicação científica, então, será necessário promover o conhecimento dos professores no que concerne às características das Ciências, bem como dos seus métodos e processos, a fim de que reconstruam as suas concepções sobre as Ciências e as características do conhecimento científico e venham a renovar as suas práticas lectivas, nomeadamente, no que respeita à forma de explicar e de lidar com dados e evidências.

Esta formação deveria também permitir aos docentes contactar com variadas situações problemáticas que reproduzam fenómenos físicos e exigir que sobre eles tivessem que efectuar previsões e construir explicações, dando-lhes, por conseguinte, a oportunidade de aprender a explicar e a lidar com dados e evidências. Deste modo, e dado que existe tendência para os professores ensinarem os alunos através das metodologias que usaram, enquanto alunos (Thomaz *et al.*, 1996; Porlán & Martín del Pozo, 2004), poderiam, assim, ficar mais aptos a desenvolver nos alunos, durante as aulas de Ciências, competências relacionadas, quer com a recolha de dados e a selecção e utilização de evidências, quer com a utilização de modelos teóricos, necessários à explicação de fenómenos físicos.

Acresce, ainda que, face à dependência do professor, relativamente ao manual escolar que, muitas vezes, constitui uma alternativa às explicações do professor (Wellington & Osborne, 2001), a formação (inicial ou contínua) de professores deverá incluir a análise crítica de manuais escolares, centrando essa análise, designadamente, nas actividades laboratoriais que os manuais escolares incluem e nas explicações científicas que facultam. Esta análise poderá, assim, contribuir para que os professores desenvolvam não apenas a capacidade de detectar eventuais falhas, a nível da explicação científica (ex: detectar a insuficiência das evidências empíricas, facultadas em protocolos laboratoriais), mas também de encontrar formas de minimizar os efeitos dessas incorrecções e/ou defeitos, nomeadamente, no que respeita às explicações científicas que os mesmos apresentam nas actividades laboratoriais que propõem e/ou ao desajuste, entre o procedimento laboratorial proposto e as explicações elaboradas ou a elaborar. Acresce que a realização dessa análise pelos professores poderá torná-los mais aptos a lidar com as explicações dos seus alunos e consigam evitar que o manual escolar que apresenta explicações com defeitos, semelhantes aos das explicações dadas pelos alunos, sirva para as reforçar, explícita ou implicitamente.

5.3.3. Implicações ao nível da formação dos alunos

Dado que um dos objectivos do ensino das Ciências é desenvolver nos alunos a capacidade de explicar fenómenos físicos e de lidar com dados e evidências, de modo a compreenderem e/ou (re)construírem explicações científicas ((Sadler, 2004; Hogarth *et al.*, 2005) e que, no estudo desenvolvido com os alunos, os resultados obtidos, aliás consonantes com os obtidos por outros investigadores em outras investigações (Millar, 1998; Sandoval & Reiser, 2004; Séré *et al.*, 2005), são reveladores da dificuldade generalizada que revelam em lidar com o assunto, parece conveniente criar e diversificar situações educativas, em contexto de sala de aula, que permitam aos alunos, não só aprender as explicações construídas pelos cientistas para esses fenómenos (ou seja, aprender Ciências), mas também desenvolver a capacidade de explicar e de lidar com dados e evidências (componentes da dimensão fazer Ciências). Para alcançar tal objectivo, e devido à complexidade da inter-relação que existe entre teorias, dados e evidências (Leach, 1999) e uma vez que não há regras bem definidas para identificar evidências, que possam ser ensinadas (Ryder, 2001; Osborne *et al.*, 2001; Sandoval & Reiser, 2004), não basta que os alunos sejam confrontados com explicações apresentadas pelo professor, mas antes, é necessário que sejam eles próprios envolvidos, activamente, no processo de elaboração de explicação de fenómenos, em contextos abertos, que envolvam várias variáveis e pouco controlo, de modo a que, para além de (re)construírem as suas explicações para os fenómenos em causa, vão começando a compreender a natureza do conhecimento científico e o modo como se desenvolve, ou seja, vão aprendendo sobre as Ciências.

Tendo em conta que a elaboração de explicações e a selecção e utilização de evidências são processos relevantes no dia a dia do cidadão, reconhecidos, aliás, pelo Currículo Nacional do Ensino Básico, as situações físicas, reproduzidas em contexto laboratorial e usadas para solicitar aos alunos previsões e explicações acerca de fenómenos físicos, devem, sempre que possível, relacionar-se com situações do dia a dia, de modo a facilitar a transferência das aprendizagens para o quotidiano.

Uma vez que a componente laboratorial é um contexto privilegiado para a aprendizagem das explicações científicas, então, uma outra forma de os alunos se envolverem, activamente, na aprendizagem de explicações científicas de fenómenos físicos, podendo, assim, reconstruir e/ou desenvolver as suas explicações prévias, é colocá-los a realizar actividades laboratoriais, nas aulas de Ciências, que apresentem um elevado grau de abertura e lhes permitam desenvolver conhecimento tácito sobre a inter-relação entre dados, evidências e teorias. Esperemos que o carácter obrigatório

conferido pelo Decreto-Lei nº6/2001 à componente laboratorial e o programa intitulado “Ensino Experimental das Ciências no 1º ciclo” contribuam para garantir as condições necessárias ao desenvolvimento daquelas aprendizagens.

5.4. Sugestões para futuras investigações

As conclusões extraídas de todo este trabalho de investigação poderão servir não só para uma reflexão acerca do estado actual do ensino das Ciências, nomeadamente, no que respeita à forma como os manuais escolares e, eventualmente, os professores e os alunos lidam com a explicação científica, mas também pode constituir um ponto de partida para futuros trabalhos de investigação que poderão clarificar ou desenvolver aspectos relevantes que não foram suficientemente explorados nesta tese.

Assim, consideram-se de carácter relevante e pertinente as seguintes sugestões de trabalhos de investigação:

- Atendendo a que algumas das situações problemáticas (S1, S2, S4 e S5) seleccionadas para esta investigação não surgem (ou são raras) nos manuais escolares de Ciências, então, faria sentido a concretização de um estudo que, integrando actividades presentes nesses manuais escolares, investigasse, até que ponto, as explicações apresentadas pelos professores e pelos alunos, já suas conhecidas dos manuais escolares, eram (ou não) semelhantes às obtidas nesta presente investigação. Um estudo com estas características informaria sobre a dependência (ou não) das dificuldades explicativas de professores e alunos, relativamente à familiaridade com as situações problemáticas em causa, designadamente, em termos de conteúdo científico e de formas de raciocínio usado;
- Tendo em conta que este trabalho de investigação se centrou, apenas, em um único tópico programático, deveria realizar-se um estudo que envolvesse vários tópicos. Confrontando-se o nível de complexidade das explicações formuladas em cada um desses tópicos, com o detectado no presente estudo, ver-se-ia se as explicações apresentadas pelos manuais escolares e formuladas pelos alunos e pelos professores eram (ou não) semelhantes para os fenómenos relacionados com diferentes conteúdos e, portanto, se os tipos de explicação que privilegiam é (ou não) independente do conteúdo;

- Sabendo-se que a maior parte dos autores de manuais escolares são também professores (Figueiroa, 2001), teria interesse entrevistar autores de manuais escolares, acerca das explicações científicas que os manuais escolares facultam, na tentativa de, por um lado, averiguar se os autores de manuais têm (ou não) consciência das potencialidades e limitações das explicações que facultam ou induzem nos seus manuais e, por outro lado, se são (ou não) conhecedores da problemática da explicação científica e do seu ensino. Esta informação seria relevante para, eventualmente, organizar formação destinada a autores de manuais escolares e, por conseguinte, para promover a qualidade dos manuais;
- Uma vez que os professores são muito influenciados pelo manual escolar (Wellington & Osborne, 2001), designadamente, na escolha das actividades laboratoriais que realizam nas aulas (Dourado, 2001; Leite & Dourado, 2005; Dourado & Leite, 2006), então, deveria realizar-se um estudo na tentativa de averiguar a opinião dos professores sobre as explicações que os manuais escolares apresentam. Assim, poderia analisar-se, até que ponto, os docentes estavam (ou não) aptos a minimizar as deficiências que elas apresentam ou se, simplesmente, explicam aos alunos as explicações propostas pelos manuais escolares, independentemente da sua correcção científica e/ou suporte empírico;
- Dado que dos 165 professores envolvidos nesta investigação muito poucos frequentaram cursos de formação contínua na área das Ciências ou tinham uma pós-graduação em Ciências, seria interessante levar a cabo um estudo que incluísse um curso de formação de professores, centrado, exclusivamente, nas questões de explicação e/ou do ensino das explicações de fenómenos físicos, em contexto laboratorial, avaliando, posteriormente, avaliar o impacto dessa formação. Deste modo, poderia analisar-se, até que ponto, existiam (ou não) diferenças, em relação aos docentes incluídos no presente estudo, na forma como explicaram e como consideraram que os alunos deveriam explicar os fenómenos físicos e, portanto, se essa formação específica influenciava (ou não) o tipo das explicações formuladas;
- Tendo em consideração que no estudo desenvolvido com professores, apenas se recorreu ao inquérito por questionário, para obtenção de dados e sabendo-se que as respostas fornecidas pelos professores, quando questionados relativamente às suas práticas lectivas (ex: quanto à realização das actividades laboratoriais), nem sempre são compatíveis com as suas práticas reais (De Pro Bueno, 2000), então, faria todo o sentido observar professores em contexto de sala de aula, a fim de que fosse possível ver como lidam com a explicação, nomeadamente, o

que ensinam e o que exigem a este respeito, e como lidam com as explicações que os manuais escolares incluem e com as que os alunos sugerem, designadamente, com as inadequadas ou insuficientes. Um trabalho de investigação com estas características forneceria informações sobre o que está a acontecer e o que é preciso fazer para melhorar a Educação em Ciências, no que concerne ao ensino e à aprendizagem das explicações científicas, bem como à formação de professores, relativamente à explicação das explicações científicas;

- Atendendo a que o estudo desenvolvido com alunos envolveu indivíduos aos quais já havia sido leccionado o conteúdo programático escolhido, embora, no caso dos do 1º ciclo, a um nível de formulação muito simples, então, seria interessante desenvolver uma investigação cuja amostra incluísse alunos pertencentes a outros anos de escolaridade, aos quais nunca tivesse sido leccionado o tema em questão (anteriores ao 4º ano de escolaridade), averiguando, até que ponto, as explicações por eles construídas diferiam (ou não) das formuladas pelos alunos que participaram neste estudo. Esta investigação forneceria informação útil para adequar o primeiro processo de ensino aos alunos;
- Dado que os alunos entrevistados não eram alunos dos professores aos quais se aplicou o questionário, o desenvolvimento de um estudo no qual os alunos participantes estivessem integrados nas turmas leccionadas pelos professores intervenientes, permitiria conhecer se havia (ou não) semelhança entre as explicações formuladas por ambos os tipos de sujeito. Assim, a comparação das explicações construídas por ambas as partes (professores e alunos) permitiria averiguar, até que ponto as explicações apresentadas pelos alunos eram (ou não) resultantes das explicações adoptadas pelos próprios professores e/ou resultantes da forma como os professores lhas facultaram, durante as aulas ou se, pelo contrário, dependem de factores de outra ordem;
- Tendo em conta que esta tese apenas contemplou o Ensino Básico, seria relevante alargar o estudo a outros níveis de ensino, desenvolvendo um estudo centrado, por exemplo, no ensino secundário, a fim de averiguar se os resultados obtidos, em termos de explicação, eram (ou não) idênticos aos apurados no presente trabalho. Essa informação seria relevante para, eventualmente, organizar acções de formação contínua para esses professores que incluíssem componentes de Ciências e de Educação em Ciências, com pesos relativos dependentes do tipo de dificuldades (científicas ou didácticas) predominantes nos professores, formandos.

As conclusões a que chegamos, através desta investigação, confrontam-nos com uma realidade diferente da desejável e que, sendo preocupante, não é, todavia, inultrapassável: os três pilares fundamentais do processo de ensino e de aprendizagem, especificamente, os manuais escolares, os professores e os alunos não se sintonizam com os princípios em que deve assentar uma Educação em Ciências, capaz de promover a aprendizagem da explicação científica.

O Currículo Nacional do Ensino Básico, na verdade, veio valorizar a questão da aprendizagem da explicação científica e do desenvolvimento de capacidades explicativas. Todavia, sabemos que não basta fazer uma Reforma ou uma Reorganização Curricular para que o estado do ensino mude. Torna-se, por isso, imprescindível que os professores e os manuais escolares dêem a sua contribuição e, tal como sugere Freire (2004), que os professores se empenhem e disponibilizem a alterar as suas práticas lectivas. Isso exige actualização científica e didáctica mas, também e mais difícil, mudança de mentalidades. Mesmo que os manuais escolares melhorem, nunca vão ser perfeitos e vão ter sempre que ser usados criticamente, por professores e alunos. Os professores, os intermediários directos do processo educativo, precisam de melhores condições para a inovação didáctica e para a transformação das práticas lectivas. Sem essas condições, não valerá a pena currículos nem manuais escolares inovadores. As grandes apostas devem, por isso, ser na melhoria das condições das escolas, na formação de professores e no envolvimento efectivo destes na definição e no desenvolvimento do currículo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Khalich, F. & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665-701.
- Abd-El-Khalich, F., Bell, R. & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Acevedo Díaz, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza e divulgación de las ciencias*, 1(1), 3-16.
- Acevedo Díaz, J. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia e tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(2), 198-219.
- Acevedo Díaz, J., Vázquez Alonso, A. & Manassero Mas, A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2).
- Afonso, A. & Leite, L. (2000). Concepções de futuros professores de Ciências Físico-Químicas sobre a utilização de actividades laboratoriais. *Revista Portuguesa de Educação*, 13 (1), 185-208.
- Afonso, A. & Leite, L. (2003). A inter-relação teoria-evidência-explicação científica: um estudo com alunos do 9º e do 11º anos de escolaridade. In Neto, A. et al. (Eds.). *Didácticas e Metodologias da Educação: Percursos e desafios*. Évora: Universidade de Évora, 1175-1185.
- Aguilar García, T. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía – una propuesta de formación de profesores*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Aguilar García, T. (2002). Aprendizaje de las ciencias y ejercicio de la ciudadanía. 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, 77-89.
- Aguirre, J., Haggerty, S. & Linder, C. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12 (4), 381-390.
- Almeida, J. (2005). *Concepções e práticas dos professores do 1º e 2º ciclos do Ensino Básico sobre CTS*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Almeida, I. (2005). *Ensino de Ciências centrado no TP – Contributo para a Formação de Professores do 1º CEB*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Armesto Ramón, F., Martínez Losada, C. & García Barros, S. (2005). Museos como respuesta a las necesidades de formación de la ciudadanía. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 43, 49-57.
- Baird, J. (1995). Teachers in science education. In Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in science education*. Londres: Falmer Press, 55-72.
- Bacon, F. (1986). *Novum Organum*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Ball, J. (1999). *Evidence, theory and student voice: Interactional relationships in cooperative and traditional Chemistry lab structures*. Comunicação apresentada na conferência anual da Association for Research in Science Teaching, Boston.

- Barbour, R. & Kitzinger, J. (1999). *Developing focus group research: Politics, theory and practice*. Londres: Sage.
- Barca, I. (2000). *O pensamento histórico dos jovens. Ideias dos adolescentes acerca da provisoriedade da explicação histórica*. Braga: Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Bardin, L. (1997). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barrios, A. (2002). Literacia científica: dos mitos às propostas. In Coelho, A. et al. (Ed.). *Educação em ciências – VII Encontro Nacional*. Faro: Escola Superior de Educação - Universidade do Algarve, 11-15.
- Bell, R., Lederman, N. & Abd-El-Khalich, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: a follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- Bennett, J. et al. (2005). A systematic review of the nature of small-group discussions aimed at improving students' understanding of evidence in science. In Bennett, J. et al. (Org.). *Research Evidence in Education Library*. Londres: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London
- Blanco López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 70-86.
- Blanco, N. (1994). Materiales curriculares: Los libros de texto. In Angulo, J. & Blanco, N. (coord.). *Teoría y desarrollo del currículum*. Barcelona: Edicions Aljibe, 263-279.
- Bonito, J. (2005). *Concepções epistemológicas dos professores de biologia e geologia do ensino básico (3.º ciclo) e do ensino secundário e o caso das actividades práticas no ensino das ciências da terra e das ciências da vida - contributo para o conhecimento profissional e formação de professores de ciências da terra e de ciências da vida*. Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade de Lisboa.
- Borges, A. et al. (2001). A resolução de problemas práticos no laboratório escolar. In *Actas do III Congresso Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Cd-Rom)*. São Paulo.
- Brown, B., Reveles, J. & Kelly, G. (2005). Scientific literacy and discursive identity: a theoretical framework for understanding science learning. *Science Education*, 89, 779-802.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Caamaño, A. & Corominas, J. (2005). Practical investigative work in secondary education. How can the planning and undertaking of practical investigative work be approached with students through a structured dialogue between teacher and students? *Impresse*, (2) 47-54 (disponível em: <http://udppc.asso.fr/impresse/COLLEGI.pdf>; acedido em 06/04/2007).
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2001). *Perspectivas de ensino - textos de apoio nº1. Formação de professores/Ciências*. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência.
- Campanario, J. & Moya, A. (1999). Como enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), 179-192.
- Campanario, J. & Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. In Palacios, F. & Cañal de León, P. (Org.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Editorial Marfil, S.A., 323-338.
- Campos, C. (1996). *Imagens de ciência veiculadas por manuais de Química do ensino secundário – implicações na formação de professores de Física e Química*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.

- 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.
- Canavarro, J. (1999). *Ciência e sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.
- Canavarro, J. (2000). *O que se pensa sobre a Ciência?* Coimbra: Quarteto Editora.
- Carr, M. *et al.* (1995). The constructivist paradigm and some implications for science content and pedagogy. In Fensham, P., Gunstone, R. & White, R. (Ed.). *The content os science*. Londres: Falmer Press, 147-160.
- Chalmers, A. (1994). *Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI de españa editores, S.A..
- Chiappetta, E., Fillman, D. & Sethna, G. (1991a). A Method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 713-725.
- Chiappetta, E., Fillman, D. & Sethna, G. (1991b). A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 939-951.
- Cobern, W. & Loving, C. (2000). Defining “science” in a multicultural world: implications for science education. *Science Education*, 85, 50-67.
- Colombo De Cudmani, L. (1997). Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), 327-331.
- Correia, S. (2006). *A compreensão da natureza da ciência – um estudo com alunos do 1º ciclo do Ensino Básico*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Lisboa.
- Dagher, Z. & Cossman, G. (1992). Verbal explanations given by science teachers: their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 361-374.
- 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.
- Delory, C. (2003). *Guide pratique de la recherché en sciences humaines. Méthodes & Statistiques*. Namur: Éditions Érasme.
- De Pro Bueno, A. (2000). Actividades de laboratorio y enseñanza de contenidos procedimentales. In Sequeira, M. *et al.* (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 109-124.
- De Pro Bueno, A. & Ezquerria Martinez, A. (2005). Qué ciencia ve nuestra sociedad? *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 43, 37-48.
- DGEB (1991). *Ensino básico 2º ciclo - Organização Curricular e Programas* (vol. I). Lisboa: Ministério da Educação.
- DGEB (1991). *Ensino básico 3º ciclo - Organização Curricular e Programas* (vol. I). Lisboa: Ministério da Educação.
- DEB (1998). *Organização Curricular e Programas Ensino Básico – 1º ciclo* (2ª ed.). Lisboa: Ministério da Educação.
- DEB (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.

- DEB (2001). *Orientações Curriculares do Ensino Básico – 3º ciclo - Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- De Ketele, J. & Rogiers, X. (1996). *Méthodologie du recueil d'informations*. Paris: De Boeck Université.
- Díaz de Bustamante, J. & Jiménez Aleixandre, M. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique-Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 20, 9-16.
- Dourado, L. (2001). *O trabalho prático no ensino as Ciências Naturais: situação actual e implementação de propostas inovadoras para o trabalho laboratorial e o trabalho de campo*. Tese de Doutoramento (não publicada), Universidade do Minho.
- Dourado, L. & Leite, L. (2006). Portuguese science teacher's use of laboratory activities before and after the school curriculum reorganisation. *In Proceedings of the ATEE Conference*. Amesterdão: Universidade Livre de Amesterdão (disponível em <http://www.atee2005.nl/download/posters/poster9.pdf>; acedido em 07/04/2007).
- Driver, R. *et al.* (1994). *Making sense of secondary science*. Londres: Routledge.
- 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. *et al.* (1997). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias – importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Edgington, J. (1997). What constitutes a scientific explanation? Comunicação apresentada no Encontro Annual da National Association for Research in Science Teaching, Oak Brook, IL.
- Eick, C. (2000). Inquiry, nature of science, and evolution: the need for a more complex pedagogical content knowledge in science teaching. *Electronic Journal of Science Education*, 4(3) (disponível em: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/eise/eick.html>; acedido em 06/04/2007).
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencias*. Madrid: Ediciones Akal, S.A..
- Echeverría, J. (2003). *Introdução à metodologia da ciência. A filosofia da ciência no século XX*. Coimbra: Livraria Almedina
- Esteban Santos, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 2 (3).
- Figueiroa, A. (2001). *Actividades laboratoriais e Educação em Ciências. Um estudo com manuais escolares de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade e respectivos autores*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Figueiroa, A. (2003). Uma análise das actividades laboratoriais em manuais escolares de Ciências da Natureza (5º ano) e das concepções dos seus autores. *Revista Portuguesa de Educação*, 16 (1), 193-229.
- Figueiroa, A. (2006). A explicação de fenómenos físicos por alunos do ensino básico. O caso do “balão dentro da garrafa”. *In Actas do XIX Congresso Enciga (Cd-Rom)*. Póvoa de Varzim: Escola Secundária Eça de Queirós.
- Fontes, A. & Cardoso, A. (2006). Formação de professores de acordo com a abordagem Ciência/Tecnologia/Sociedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 5 (1), 15-30.

- Freire, A. (1993). Um olhar sobre o ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos. *Revista de Educação*, 3 (1), 37-49.
- Freire, A. (2000). Trabalho experimental: concepções e práticas de estagiários de Física e Química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*. 76, 28-36.
- Freire, A. (2004). Mudança de concepções de ensino dos professores num processo de reforma curricular. In ME-DEB (Coord.). *Flexibilidade curricular, cidadania e comunicação*. Lisboa: DEB, 265-280.
- Furió, C. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365-376.
- Furió, C. et al. (2002). Spanish teachers' views of the goals of science education in secondary education. *Research in Science and Technological Education*, 20 (1), 39-52.
- Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996). *Aster*, 28, 9-31.
- Gall, M., Gall, J. & Borg, W. (2003). *Educational research – an introduction*. Boston: Pearson Education.
- Gallegos, J. (1996). Reflexiones sobre la ciencia y la epistemología científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 321-326.
- Galvão, C. & Freire, A. (2004). A perspectiva CTS no currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal. In Martins, I., Paixão, F. & Vieira, R. (Org.). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 31-38.
- García, R. (1977). La explicación en física. In Apostel, C. et al. (Org.). *La explicación en las ciencias*. Barcelona: Martínez Roca, 102-117.
- Gérard, F. & Roegiers, X. (1998). *Conceber e avaliar manuais escolares*. Porto: Porto Editora.
- Genishi, C. et al. (2001). Teaching in early childhood education: understanding practices through research and theory. In Richardson, V. (Ed.). *Handbook of research on teaching*. Washington: American Educational Research Association
- Gilbert, J. (1999). On the explanation of change in science and cognition. *Science & Education*, 8, 543-557.
- Gilbert, J. & Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: horses for courses? *International Journal Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gott, R. & Duggan, S. (1998). Understanding scientific evidence. In Ratcliffe, M. (Ed.) *ASE guide to secondary science education*. Cheltenham: Stanley Thornes, 92-99.
- González García, F. & Jiménez Liso, R. (2005). Escribir ciencia para enseñar y divulgar o la ciencia en el lecho de Procusto. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 43, 8-20.
- Grau, R. (1994). Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 27-35.

- Guillon, A. & Séré, M. (2002). The role of epistemological information in open-ended investigative labwork. *In* Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 121-138.
- Gunstone, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. *In* Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.
- Gutiérrez, M., Gómez Crespo, M. & Martín-Díaz, M. (2002). Es cultura la ciencia? *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, 17-31.
- Hacking, I. (1986). *Representing and intervening. Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Halbwachs, F. (1977). Historia de la explicación en física. *In* Apostel, C. et al. (Org.). *La explicación en las ciencias*, 74-101.
- Harlen, W. (1998). The last ten years; the next ten years. *In* Sherrington, R. (Ed.). *ASE Guide to Primary Science Education*. Londres: The Association for Science Education, 23-33.
- Hart, C. & et al. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Education*, 37 (7), 655-675.
- Hind, A., Leach, J. & Ryder, J. (2001). Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation in high school level science courses: preliminary findings. *Comunicação apresentada no Simposium "science-as-it-is-taught and science-as-it-is-practised: teaching about science in the classroom", no Encontro Anual da American Educational Research Association*, Seattle WA.
- Hodson, D. (1988). Filosofía de la ciencia y educación científica. *In* Porlán, R. et al. (Comp.). *Construtivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Editoras, 5-21.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), 115-135.
- Hodson, D. (1998a). Science Fiction: the continuing misrepresentation of science in the school curriculum. *Curriculum Studies*, 6 (2), 191-216.
- Hodson, D. (1998b). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. *In* Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?*. Londres: Routledge, 93-108.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84, 51-70.
- Hogarth et al. (2005). A systematic review of the use of small-group discussions in science teaching with students aged 11-18, and the effect of different stimuli (print materials, practical work, ICT, video/film) on students' understanding of evidence. *In Research Evidence in Education Library*. Londres: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.

- Horwood, R. (1988). Explanation and description in science teaching. *Science Education*, 72 (1), 41-49.
- Hurd, P. (1998). Scientific Literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82 (3), 407-416.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 8, 8-22.
- 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.
- Jenkins, E. (1998). The schooling of laboratory science. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* Londres: Routledge, 35-51.
- Jiménez-Aleixandre, M. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Xerais.
- Jiménez-Aleixandre, M. (1999). El trabajo científico y el estudio de la ecología. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 20, 5-7.
- Jiménez Valladares, J. (2000). El análisis de los libros de texto. In Palacios, F. & Cañal de León, P. (Org.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Editorial Marfil, S.A., 307-322.
- Jiménez Valladares, J. & Perales Palacios, F. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física Y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2).
- Johnston, J. (1998). Learning science in the early years. In Sherrington, R. (Ed.). *ASE Guide to Primary Science Education*. Londres: The Association for Science Education, 76-82.
- Júlio, V. (2006). *Actividades investigativas no ensino das Ciências. A relevância da Formação Contínua de Professores*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade Nova de Lisboa.
- Kang, N. & Wallace, C. (2004). Secondary science teacher's use of laboratory activities: linking epistemological beliefs, goals and practices. *Science Education*, 89, 140-165.
- Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from data: students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (7), 748-769.
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 432-448.
- Kirschner, P. & Huisman, W. (1998). 'Dry laboratories' in science education: Computer-based practical work. *International Journal of Science Education*, 20 (6), 665-682.
- Klainin, S. (1995). Practical work and science education I. In Fensham, P. (Ed.). *Development and dilemmas in science education*. Londres: Falmer Press, 169-188.
- Klein, P. (2004). Constructing explanations through writing. *Instructional Science*, 32, 191-231.
- Kolstø, S. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310.
- Korpan, C., Bisanz, G. & Bisanz, J. (1997). Assessing literacy in science: evaluation of scientific news briefs. *Science Education*, 81, 515-532.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, T. (1998). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva S.A.

- Lakatos, I. (1993). *A metodologia de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Laudan, L. (1996). *Beyond positivism and relativism. Theory, method and evidence*. Oxford: Westview Press.
- Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: a conceptual overview. *Science Education*, 84 (1), 71-94.
- Lawrence, M. & Pallrand, G. (2000). A case study of the effectiveness of teacher experience in the use of explanation-based assessment in high school physics. *School Science and Mathematics*, 100 (1), 36-47.
- Layton, D. (1990). Student laboratory practice and the history and philosophy of science. In Heggarty-Hazel, H. (Ed.). *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge, 37-59.
- 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, 52-68.
- Leach, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, 21 (8), 789-806.
- Leach, J. (2002). Students' understanding of the nature of science and its influence on labwork. In Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 41-48.
- Leach, J. *et al.* (2000). Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, 10, 497-527.
- Lederman, N. (1999). Teachers understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 916-929.
- Lederman, N., Wade, P. & Bell, R. (1998). Assessing the nature of science: What is the nature of our assessments? *Science & Education*, 7, 595-615.
- Leite, L. (1996). Conceptions de science des enseignants et des futures enseignants de physique et de chimie. In Giordan, A, Martinand, J. & Raichvarg, D. (Org.). *Actes JIES XVII – Les sciences, les techniques et leurs publics*, Chamonix: Centre Jean Franco, 573-576.
- 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). A inter-relação dados-evidências-conclusões: Um estudo com actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares. In *Actas do II Congresso Internacional "Didáctica de las Ciencias"* (CD-rom), Havana.
- Leite, L. (2006). Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das ciencias. In *Actas do XIX Congresso Enciga (Cd-Rom)*. Póvoa de Varzim: Escola Secundária Eça de Queirós.
- 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, 169-191.

- Leite, L. & Dourado, L. (2005). A reorganização curricular do ensino básico e a utilização de actividades laboratoriais em Ciências da Natureza. *In Actas do XVIII Congreso de Enciga (Cd-Rom)*. Ribadeo (Espanha): IES Porta de Auga.
- Leite, L. & Esteves, E. (2005). Análise crítica de actividades laboratoriais: um estudo envolvendo estudantes de graduação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1) (disponível em: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/Art5_vol4_N1.pdf; acedido em: 06/04/2007).
- 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. (2004). As actividades laboratoriais e a explicação científica em manuais escolares de ciências. *Alambique*, 39, 20-30.
- Leite, L., Mendoza, J. & Borsese, A. (2007). Teachers’ and prospective teachers’ explanations of liquid-state phenomena: a comparative study involving three european countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 349-374.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G. & Boutin, G. (1994). *Investigação qualitativa: fundamentos e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Longbottom, J. & Butler, P. (1999). Why teach science? Setting rational goals for science education. *Science Education*, 83, 473-492.
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. *In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed.). International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 249-262.
- Mach, E. (1908). *Connaissance et l’erreur*. Paris: Ernest Flammarion Éditeur.
- Machamer, P. (1998). Philosophy of science: an overview for educators. *Science & Education*, 7, 1-11.
- Manassero, M. & Vásquez, A. (2002). Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS. *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, 149-162.
- Manuel Cabo, J., Enrique, C. & Ramón Cortiñas, J. (2005). La prensa escrita en Internet y la aprendizaje informal de ciencias. El caso de la biotecnología. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 43, 21-28.
- Marco-Stiefel, B. (2000). La alfabetización científica. *In Palacios, F. & Cañal de León, P. (Org.). Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Editorial Marfil, S.A., 141-164.
- 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.
- Marcondes, D. (1997). *Iniciação à história da Filosofia. Dos pré-socráticos a Wittgenstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Marín Martínez, N., Solano Martínez, I. & Jiménez Gómez, E. (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 479-492.

- Martin, M. (1972). *Concepts of science education: a philosophical analysis*. Londres: Scott, Foresman.
- Martín Díaz, M. (2002). Enseñanza de las ciencias. Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2).
- Martins, I. (2002a). Literacia científica: dos mitos às propostas. In Coelho, A. et al. (Ed.). *Educação em ciências – VII Encontro Nacional*. Faro: Escola Superior de Educação - Universidade do Algarve, 2-10.
- Martins, I. (2002b). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 1 (1).
- Martins, I. (2003). Formação inicial de professores de Física e Química sobre a Tecnologia e suas relações sócio-científicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3) (disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero3/Art6.pdf>; acedido em 07/04/2007).
- Mathy, P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences. Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Paris: De Boeck Université.
- 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, 53-70.
- McComas, W. (2004). A textbook case of the nature of science: laws and theories in the science of biology. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1, 141-155.
- McComas, W. & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7, 511-537.
- McMillan, J. & Schumacher, S. (2006). *Research in education: evidence-based inquiry* (6ª Ed.). Nova Iorque: Harper Collins.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 289-302.
- Mellado, V. (1998). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed.). *Internacional handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1093-1110
- Mellado, V. & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 331-339.
- Membriela, P. (2002). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. In Membriela, 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
- Metz, K. (1991). Development of explanation: incremental and fundamental change in children's physics knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 785-797.
- Miguel Campanario, J. & Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. In Palacios, F. & Cañal de León, P. (Org.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Editorial Marfil, S.A., 323-338.
- Miguéns, M. & Garrett, R. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236.

- Millar, R. (1991). A means to an end: the role of processes in science education. *In* Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 43-52.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77 (280), 7-18.
- 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. & Hunt, A. (2002). Science for public understanding: a different way to teach and learn science. *School Science Review*, 83 (304), 35-42.
- Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Londres: King's College London.
- Millar, R., Le Maréchal, J. & Tiberghien, A. (1999). "Mapping" the domain – varieties of practical work. *In* Leach, J. & Paulsen, A. (Eds.). *Practical Work in Science Education*. Frederiksberg: Roskilde University Press, 33-59.
- Millar, R., Osborne, J. & Nott, M. (1998). National curriculum review. Science education for the future. *School Science Review*, 80 (291), 19-24.
- Moleiro, R. (2006). *Trabalho prático em ensino e aprendizagem de Geologia centrado no concelho de Cantanhede*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Coimbra.
- Moreno Armella, L. & Waldegg, G. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: coincidencia o complementariedad? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 421-429.
- Moreira, S. (2003). *O trabalho prático e o ensino das Ciências da Natureza no 2º ciclo do Ensino Básico: um estudo centrado nas últimas décadas*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Moss, D., Abrams, E. & Robb, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal Science Education*, 23(8), 771-790.
- Murcia, K. & Schibeci, R. (1999). Primary student teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal Science Education*, 21(11), 1123-1140.
- Newton, L. *et al.* (2002). Do primary school science books for children show a concern for explanatory understanding? *Research in Science & Technological Education*, 20 (2), 227-240.
- Norris, S. *et al.* (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89, 535-563.
- Nott, M. & Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understandings of the nature of science. *Science & Education*, 7, 579-594.
- 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. (1994). *Theoretical and empirical investigations of the nature of scientific and commonsense knowledge*. Tese de Doutoramento, The University of London.
- Ogborn, J. *et al.* (1997). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.

- Oliver, J. *et al.* (2002). The concept of science literacy: a view of the current debate as an outgrowth of the past two centuries. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 1 (1), 1-33.
- O'Neill, D. & Polman, J. (2004). Why educate "little scientists?". Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), 234-266.
- Osborne, R. *et al.* (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82 (301), 63-70.
- Paixão, M. & Cachapuz, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1), 69-77.
- Patton, M. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2ª Ed.). Newbury Park, CA: Sage.
- 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.
- Pereira, L. (2002). *Actividades laboratoriais no ensino das Ciências da Natureza. Avaliação do efeito da formação sobre as concepções e as práticas dos professores*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Pereira, M. & Duarte, M. (1999). O manual escolar como facilitador do conhecimento – o caso do tema "reações de oxidação-redução" do 9º ano de escolaridade". In Castro, R. *et al.* (Eds.). *Manuais escolares: Estatuto, funções, história*. Braga: Universidade do Minho, 367-374.
- Piaget, J. (1977). Introducción: el problema de la explicación. In Apostel, C. *et al.* (Org.). *La explicación en las ciencias*, 11-21.
- Pickering, A. (1992). *Science as practice and culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Popper, K. (1991). *Conjeturas y refutaciones*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A..
- Porlán Ariza, R. & Martín Del Pozo, R. (2004). The conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. *Journal of Science Teacher Education*, 15 (1), 39-62.
- Porlán, Ariza, R., Rivero García, A. & Martín Del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (2), 271-288.
- Porlán, Ariza, R., Rivero García, A. & Martín Del Pozo, R. (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. In Perales, P. & Cañal de León, P. (Orgs.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Editorial Marfil, 507-533.
- Praia, J. & Cachapuz, A. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354.
- Praia, J. & Cachapuz, A. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), 71-85.
- Pujol, V. (1994). Los trabajos prácticos en la educación infantil y en la educación primaria. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 6-14.

- Quivy, R. & Campenhoudt, L. (2003). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Ramalho, G. (2002). Portugal no PISA – Condições de participação, resultados e perspectivas. *Revista Portuguesa de Educação*, 15 (2), 25-50.
- Ramalho, G. (2003). *PISA 2002 – Conceitos fundamentais em jogo na avaliação de literacia e competências dos alunos portugueses*. (Relatório nacional). Lisboa: Gabinete de avaliação educacional do Ministério da Educação.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship. Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press.
- Redhead, R. (1990). Explanation. In Dudley, K. (Ed.). *Explanation and its limits*. Cambridge: Cambridge University Press, 135-154.
- Reis, P., Rodrigues, S. & Santos, F. (2006). Concepções sobre os cientistas em alunos do 1º ciclo do Ensino Básico: “Poções, máquinas, monstros, invenções e outras coisas malucas”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (1), 51-74.
- Reis, P. & Galvão, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in portuguese natural science teachers’ conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34, 153-171.
- Roth, W. & Barton, A. (2004). *Rethinking scientific literacy*. Londres: Routledge Falmer.
- Roth, W. & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88, 263-291.
- Rudolph, J. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89, 803-821.
- Ryder, J. (2001). *Identifying science understanding for functional scientific literacy: implications for school science education*. Comunicação apresentada no Simposium “science-as-it-is-taught and science-as-it-is-practised: teaching about science in the classroom” no Encontro Anual da American Educational Research Association. Seattle WA.
- Ryder, J. (2002). Data interpretation activities and students’ views of the epistemology of science during a university earth sciences field study course. In Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 151-162.
- Ryder, J., Leach, J. & Driver, R. (1997). *The interaction between undergraduate science students’ images of the nature of science and their experiences of learning science*. Comunicação apresentada na Conferência da European Science Education Research Association. Roma.
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sandoval, W. (2001). *Students’ uses of data as evidence in scientific explanations*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da American Educational Research. Seattle, WA.
- Sandoval, W. & Reiser, B. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Santos, M. (1998). *Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. Lisboa: Livros Horizonte.

- 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, M. (2004). Dos códigos de cidadania aos códigos do movimento CTS: Fundamentos, desafio e contextos. In Martins, I. et al (Eds.). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da educação em Ciência*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 13-22.
- Santos, M. & Valente, M. (1995). A inclusão de materiais CTS nos manuais de Ciências. O que temos? O que queremos? In Miguéns, M. & Bárrios, A. (Orgs.). *Actas do V Encontro Nacional de Docentes – Educação em Ciências da Natureza*. Escola Superior de Educação de Portalegre, 243-248.
- Santos, M. & Valente, O. (1997). O ensino da Ciência/Tecnologia/Sociedade no currículo, nos manuais e nos media. In Santos, M. et al. (Orgs.). *Ensino das Ciências – Temas de investigação 3*. Ministério da Educação: Instituto de Inovação Educacional.
- Schwitzgebel, E. (1999). Children's theories and the drive to explain. *Science & Education*, 8, 457-488.
- 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.
- Sequeira, M. (2000). O ensino prático e experimental em educação em ciências na revisão curricular do ensino secundário. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 19-27.
- 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).
- Shepardson, D. & Britsch, S. (2001). The role of children's journals in elementary school science activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 43-69.
- Silva, P. (2006). *As actividades laboratoriais P.O.E.R. e a Educação Ambiental: um estudo centrado na aprendizagem do tema "A importância da água para os seres vivos", 5º ano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Solbes, J., Vilches, A. & Gil, D. (2002). Formación del profesorado desde el enfoque CTS. 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, 163-175.
- Solomon, J. (1980). *Teaching children in the laboratory*. Londres: Croom Helm.
- Solomon, J. (1991). School laboratory life. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 101-111.
- Solomon, J. (1995). Higher level understanding of nature of science. *School Science Review*, 76, 15-22.
- Solomon, J. (1998). Science education from an european perspective. In Sherrington, R. (Ed.). *ASE Guide to Primary Science Education*. Londres: The Association for Science Education, 44-48.
- Stinner, A. (1992). Science textbooks and science teaching: From logic to evidence. *Science Education*, 76 (1), 1-16.

- Tamir, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (8), 311-316.
- Taylor, J. (2001). *Secondary school physics teacher's conceptions of scientific evidence: a collective case study*. Tese de Doutorado, The Pennsylvania State University.
- Taylor, J. & Dana, T. (2003). Secondary school physics teacher's conceptions of scientific evidence: an exploratory case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (8), 721-736.
- Their, M. & Daviss, B. (2002). *The new science literacy. Using language skills to help students learn science*. Portsmouth: Heinemann.
- Thomaz, M. *et al.* (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 315-322.
- Tiana Ferrer, A. (1999). La lectura como eje vertebrador de la practica escolar: una perspectiva historica. In Castro, R. *et al.* (Eds). *Manuais escolares: Estatuto, funções, história*. Braga: Universidade do Minho, 35-56.
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90 (5), 403-418.
- Torres Santomé, J. (1998). *Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado*. Porto Alegre: Artmed Editores.
- Trout, J. (2002). Scientific explanation and sense of understanding. *Philosophy of Science*, 69, 212-233.
- Tytler, R. (1998). The nature of students' informal science conceptions. *International Journal of Science Education*, 20 (8), 901-927.
- Tytler, R., Duggan, S. & Gott, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal Science Education*, 23 (8), 815-832.
- Unsworth, L. (1997). Explaining explanations: enhancing science learning and literacy development. *Australian Science Teachers Journal*, 43 (1), 34-49.
- Unsworth, L. (2001). Evaluating the language of different types of explanations in junior school science texts. *International Journal Science Education*, 23 (6), 585-609.
- Varela Nieto, M. & Martínez Aznar, M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 173-188.
- Vasconcelos, C. & Praia, J. (2005). Aprendizaje en contextos no formales y alfabetización científica. *Alambique-Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 43, 67-73.
- Vásquez Alonso, A. & Manassero Mas, M.A. (1999). Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 377-395.
- Vieira, C. (2006). *A avaliação das aprendizagens no contexto das actividades laboratoriais: influência de uma acção de formação nas concepções dos professores de Biologia e Geologia*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

- Vieira, C. & Vieira, R. (2006). Produção e validação de actividades de laboratório promotoras do pensamento crítico. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(3), 452-466.
- Vilches, A., Solbes, J. & Gil, D. (2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique-Didáctica de las ciencias experimentales*, 41, 89-98.
- Zion *et al.* (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88, 728-753.
- Watt, D. (1998). Children's learning of science concepts. In Sherrington, R. (Ed.). *ASE Guide to Primary Science Education*. Londres: The Association for Science Education, 51-62.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science: Time for re-appraisal. In Wellington, J. (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* Londres: Routledge, 3-15.
- Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science: contemporary issues and practical approaches*. Londres: Routledge.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.
- Woolnough, B. (1991). Practical science as a holistic activity. In Woolnough, B. (Ed.). *Practical science. The role and reality of practical work in science school*. Milton Keynes: Open University Press, 181-188.
- Woolnough, B. (1998). Authentic science in schools, 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: Cambridge University Press.

ANEXOS

ANEXO 1

Identificação dos manuais escolares utilizados na tese

Quadro A1. Identificação dos manuais escolares do 4º ano de escolaridade, utilizados na tese

Código do manual	Título	Autores	Editora	Local de edição	Ano de edição
P1	Aprender a descobrir	Carlinda Leite Rosalina Pereira	Nova Gaia	Vila Nova de Gaia	2002
P2	Aprender Brincando	Carlos Letra	Edições Gailivro	Vila Nova De Gaia	2002 (3ª edição)
P3	Aprender mais	O. Passo Aguiar	A Educação Nacional	Porto	2002
P4	As minhas descobertas	Helena Campos José Reis	Nova Gaia	Vila Nova de Gaia	2002
P5	Aventura no meio	Conceição Dinis Fátima Lima	Porto Editora	Porto	2002
P6	Bambi	Ana Pinto Maria Aurélia Carneiro	Porto Editora	Porto	2002
P7	Caminhar	António Mota	Edições Gailivro	Vila Nova de Gaia	2002 (2ª edição)
P8	Despertar	Hortência Neto	Livro Directo	Maia	2002
P9	Estudo do Meio do João	João Monteiro Miguel Paiva	Edições Gailivro	Vila Nova de Gaia	2002
P10	Estudo do Meio do Pequeno Mestre	Maria Freitas	Edições Gailivro	Vila Nova de Gaia	2002 (2ª edição)
P11	Joaninha	António M. Costa	Nova Gaia	Vila Nova de Gaia	2002
P12	Pequenos curiosos	Conceição Marques Fátima Lima	Porto Editora	Porto	2002
P13	Saber quem somos	António Monteiro	Livraria Arnado	Porto	2002
P14	Vila Moinho	Armando Gonçalves	Constância Editores, S.A.	Carnaxide	2002

Quadro A2. Identificação dos manuais escolares do 5º ano de escolaridade, utilizados na tese

Código do manual	Título	Autores	Editora	Local de edição	Ano de edição
S1	Ao encontro da Natureza	Clara Elizabete Santos	Plátano Editora	Lisboa	2004
S2	Aqui Vida	Cláudia Pereira Isabel Miranda	Edições Asa	Porto	2004
S3	A vida na Terra	Carlinda Leite Rosalina Pereira	Lisboa Editora	Lisboa	2004
S4	Bioterra	Lucinda Mota Maria dos Anjos Viana Emídio Isaías	Porto Editora	Porto	2004
S5	Ciências	Filomena Soeiro/ actualizado por João A./Paula S./Carlos T.	Texto Editores	Lisboa	2004
S6	Ciências da Natureza	Marcelina Vasques Osório Matias Pedro Martins	Areal Editores	Porto	2004
S7	Magia da Terra	Catarina Rosa Peralta Maria Beleza calhau Maria Fernanda de Sousa	Porto Editora	Porto	2004
S8	O Mistério da Vida	Helena V. Domingues José A. Batista Marília S. Sobral	Texto Editora	Lisboa	2004
S9	Terra Viva	Isabel Caldas Maria Isabel Pestana	Santillana Constância	Carnaxide	2003

Quadro A3. Identificação dos manuais escolares do 8º ano de escolaridade, utilizados na tese

Código do manual	Título	Autores	Editora	Local de edição	Ano de edição
T1	Ciências na nossa vida/ Sustentabilidade na Terra	Maria Margarida Rodrigues Fernando Morão Lopes Dias	Porto Editora	Porto	2003
T2	Eu e o Planeta Azul/ A Terra em transformação	Noémia Maciel Ana Miranda	Porto Editora	Porto	2002
T3	Eu e o Planeta Azul/ Sustentabilidade na Terra	Noémia Maciel Ana Miranda	Porto Editora	Porto	2003
T4	Eureka! CFQ/ Sustentabilidade na Terra	Teresa Tasso de Figueiredo	Texto Editora	Lisboa	2003
T5	Ciências Físico-Químicas/ Sustentabilidade na Terra	Isabel Pires Sandra Ribeiro	Constância Editores, S.A.	Carnaxide	2003
T6	Terra Mãe/ Terra em Transformação	M. da Conceição Dantas Maria Duarte Ramalho Lucinda Santos Mendonça	Texto Editora	Lisboa	2002
T7	Ciências Físico-Químicas/ Terra no Espaço/Terra em Transformação	M. G. C. Neli Cavaleiro M. Domingas Beleza	Edições Asa	Porto	2002

ANEXO 2

Versões do questionário aplicado aos professores

Caro(a) colega

Este questionário integra-se num trabalho de investigação integrado no Centro de Investigação em Educação da Universidade do Minho e visa compreender o modo como os alunos, nas aulas de Ciências, explicam alguns fenómenos físicos.

Pretende-se que, para cada uma das situações descritas, descreva a explicação que considera que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de dar e que, caso a considere incompleta ou insuficiente, apresente a explicação que considera mais adequada para o fenómeno em causa.

Solicita-se, por isso, que responda da forma mais completa e sincera possível, dado que estes resultados são importantes pelo contributo que poderão prestar para a melhoria do ensino das Ciências. No final do questionário poderá, se desejar, acrescentar algum comentário ou sugestão em relação ao assunto em questão.

Grata pela colaboração

Universidade do Minho, 9 de Fevereiro de 2004

A investigadora

(Alcina Figueiroa)

QUESTIONÁRIO

OS ALUNOS E A EXPLICAÇÃO DE FENÓMENOS FÍSICOS

Escola _____

Parte 1

Dados pessoais e profissionais

1.1. Sexo

- Feminino
 Masculino

1.2. Formação académica

- Bacharelato
 Licenciatura
 Outras (especifique) _____

1.3. Situação profissional actual

- Em profissionalização
 Profissionalizado

1.4. Tempo de serviço (Agosto de 2003) _____ (anos)

1.5. Frequenta algum curso de Formação Contínua na área das Ciências?

- Não Sim. Indique:

o tema do Curso _____

a duração do mesmo _____

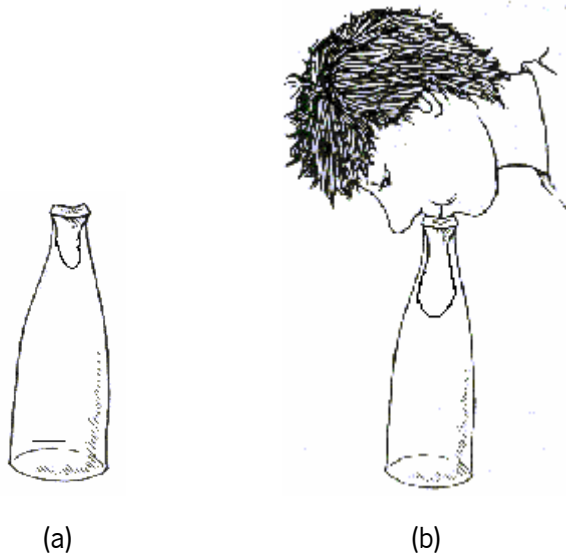
Parte 2

Explicação de situações físicas

Situação 1: Balão dentro da garrafa

- pega-se num balão e empurra-se o fundo para dentro da garrafa;
- estica-se o cimo do balão por cima do gargalo da garrafa, de modo a tapá-lo (a);
- sopra-se para dentro do balão (b).

Por que é que o balão só enche ligeiramente?



1.1. Um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue.

Não (passe para a situação 2)

1.2. Explicação que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de formular

1.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 1.2?

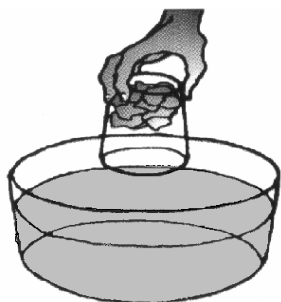
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

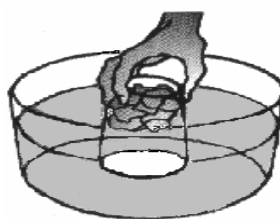
Situação 2: Papel dentro do copo

- coloca-se uma folha de papel amarrado no fundo de um copo (a);
- introduz-se o copo invertido, na vertical, numa tina com água (b).

Por que é que o papel se manteve seco dentro do copo, debaixo de água?



(a)



(b)

2.1. Um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 3)

2.2. Explicação que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de formular

2.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 2.2?

Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 3: O êmbolo da seringa

- com um dedo, tapa-se o orifício de uma seringa (a);
- tenta-se empurrar o êmbolo da seringa (b).

Por que é que não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim?



(a)



(b)

3.1. Um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 4)

3.2. Explicação que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de formular

3.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 3.2?

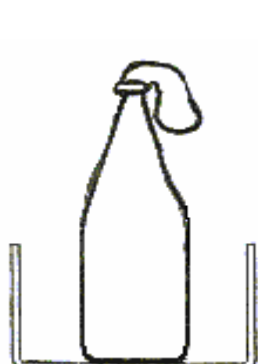
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

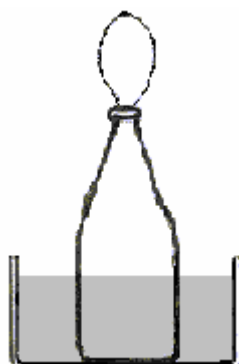
Situação 4: Balão na garrafa com água quente

- coloca-se um balão vazio no gargalo de uma garrafa (a);
- introduz-se a garrafa num recipiente com água muito quente (b).

Por que motivo o balão enche?



(a)



(b)

4.1. Um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 5)

4.2. Explicação que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de formular

4.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 4.2?

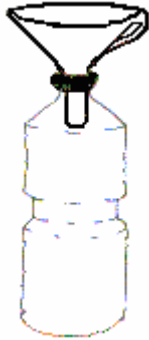
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

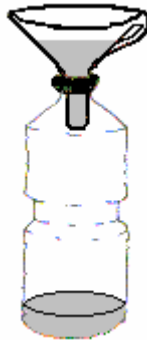
Situação 5: Água e funil

- encaixa-se um funil no gargalo de uma garrafa;
- coloca-se plasticina na junção do gargalo com o funil (a);
- deita-se água, de forma rápida, até meio do funil (b).

Por que motivo fica água retida no funil e não entra na garrafa?



(a)



(b)

5.1. Um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (terminou o questionário)

5.2. Explicação que um aluno no final do 4º ano deverá ser capaz de formular

5.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 5.2?

Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Obrigada pela colaboração

Caro(a) colega

Este questionário integra-se num trabalho de investigação integrado no Centro de Investigação em Educação da Universidade do Minho e visa compreender o modo como os alunos, nas aulas de Ciências, explicam alguns fenómenos físicos.

Pretende-se que, para cada uma das situações descritas, descreva a explicação que considera que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de dar e que, caso a considere incompleta ou insuficiente, apresente a explicação que considera mais adequada para o fenómeno em causa.

Solicita-se, por isso, que responda da forma mais completa e sincera possível, dado que estes resultados são importantes pelo contributo que poderão prestar para a melhoria do ensino das Ciências. No final do questionário poderá, se desejar, acrescentar algum comentário ou sugestão em relação ao assunto em questão.

Grata pela colaboração

Universidade do Minho, 9 de Fevereiro de 2004

A investigadora

(Alcina Figueiroa)

QUESTIONÁRIO

OS ALUNOS E A EXPLICAÇÃO DE FENÓMENOS FÍSICOS

Escola _____

Parte 1

Dados pessoais e profissionais

1.1. Sexo

- Feminino
 Masculino

1.2. Formação académica

- Bacharelato
 Licenciatura
 Outras (especifique) _____

1.3. Situação profissional actual

- Em profissionalização
 Profissionalizado

1.4. Tempo de serviço (Agosto de 2003) _____ (anos)

1.5. Frequenta algum curso de Formação Contínua na área das Ciências?

- Não Sim. Indique:

o tema do Curso _____

a duração do mesmo _____

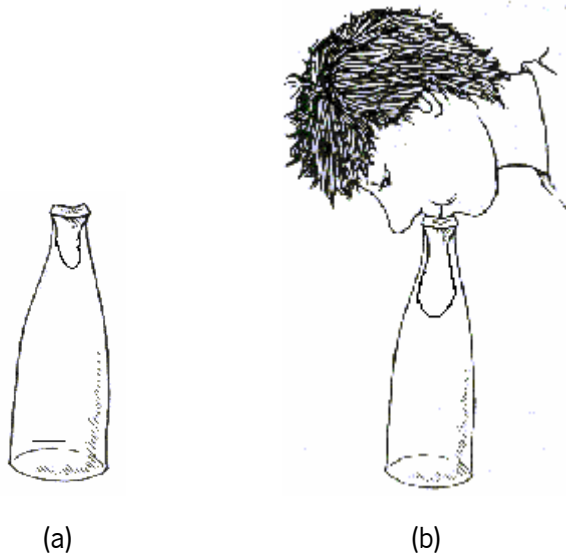
Parte 2

Explicação de situações físicas

Situação 1: Balão dentro da garrafa

- pega-se num balão e empurra-se o fundo para dentro da garrafa;
- estica-se o cimo do balão por cima do gargalo da garrafa, de modo a tapá-lo (a);
- sopra-se para dentro do balão (b).

Por que é que o balão só enche ligeiramente?



1.2. Um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue.

Não (passe para a situação 2)

1.2. Explicação que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de formular

1.4. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 1.2?

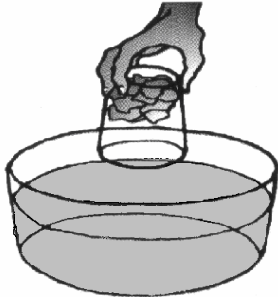
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

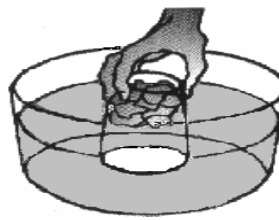
Situação 2: Papel dentro do copo

- coloca-se uma folha de papel amarrado no fundo de um copo (a);
- introduz-se o copo invertido, na vertical, numa tina com água (b).

Por que é que o papel se manteve seco dentro do copo, debaixo de água?



(a)



(b)

2.1. Um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 3)

2.2. Explicação que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de formular

2.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 2.2?

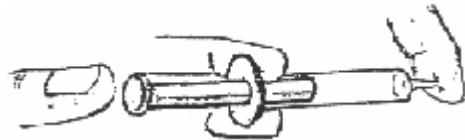
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 3: O êmbolo da seringa

- com um dedo, tapa-se o orifício de uma seringa (a);
- tenta-se empurrar o êmbolo da seringa (b).

Por que é que não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim?



(a)



(b)

3.1. Um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 4)

3.2. Explicação que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de formular

3.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 3.2?

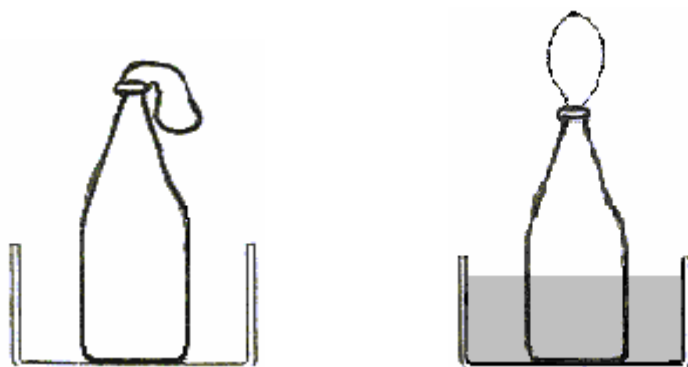
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 4: Balão na garrafa com água quente

- coloca-se um balão vazio no gargalo de uma garrafa (a);
- introduz-se a garrafa num recipiente com água muito quente (b).

Por que motivo o balão enche?



(a)

(b)

4.1. Um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 5)

4.2. Explicação que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de formular

4.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 4.2?

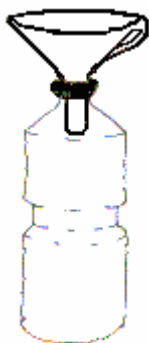
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 5: Água e funil

- encaixa-se um funil no gargalo de uma garrafa;
- coloca-se plasticina na junção do gargalo com o funil (a);
- deita-se água, de forma rápida, até meio do funil (b).

Por que motivo fica água retida no funil e não entra na garrafa?



(a)



(b)

5.1. Um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (terminou o questionário)

5.2. Explicação que um aluno no final do 6º ano deverá ser capaz de formular

5.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 5.2?

Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Obrigada pela colaboração

Caro(a) colega

Este questionário integra-se num trabalho de investigação integrado no Centro de Investigação em Educação da Universidade do Minho e visa compreender o modo como os alunos, nas aulas de Ciências, explicam alguns fenómenos físicos.

Pretende-se que, para cada uma das situações descritas, descreva a explicação que considera que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de dar e que, caso a considere incompleta ou insuficiente, apresente a explicação que considera mais adequada para o fenómeno em causa.

Solicita-se, por isso, que responda da forma mais completa e sincera possível, dado que estes resultados são importantes pelo contributo que poderão prestar para a melhoria do ensino das Ciências. No final do questionário poderá, se desejar, acrescentar algum comentário ou sugestão em relação ao assunto em questão.

Grata pela colaboração

Universidade do Minho, 9 de Fevereiro de 2004

A investigadora

(Alcina Figueiroa)

QUESTIONÁRIO

OS ALUNOS E A EXPLICAÇÃO DE FENÓMENOS FÍSICOS

Escola _____

Parte 1

Dados pessoais e profissionais

1.1. Sexo

- Feminino
 Masculino

1.2. Formação académica

- Bacharelato
 Licenciatura
 Outras (especifique) _____

1.3. Situação profissional actual

- Em profissionalização
 Profissionalizado

1.4. Tempo de serviço (Agosto de 2003) _____ (anos)

1.5. Frequenta algum curso de Formação Contínua na área das Ciências?

- Não Sim. Indique:

o tema do Curso _____

a duração do mesmo _____

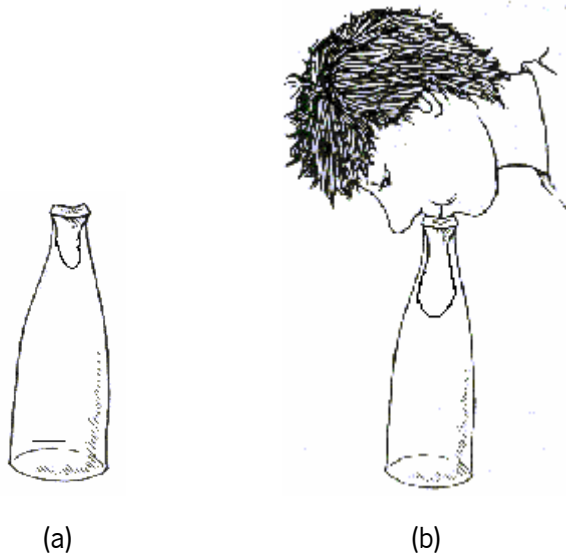
Parte 2

Explicação de situações físicas

Situação 1: Balão dentro da garrafa

- pega-se num balão e empurra-se o fundo para dentro da garrafa;
- estica-se o cimo do balão por cima do gargalo da garrafa, de modo a tapá-lo (a);
- sopra-se para dentro do balão (b).

Por que é que o balão só enche ligeiramente?



1.3. Um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue.

Não (passe para a situação 2)

1.2. Explicação que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de formular

1.5. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 1.2?

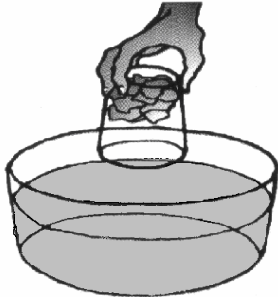
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

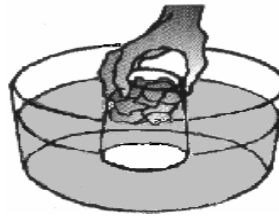
Situação 2: Papel dentro do copo

- coloca-se uma folha de papel amarrado no fundo de um copo (a);
- introduz-se o copo invertido, na vertical, numa tina com água (b).

Por que é que o papel se manteve seco dentro do copo, debaixo de água?



(a)



(b)

2.1. Um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 3)

2.2. Explicação que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de formular

2.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 2.2?

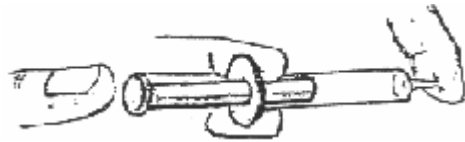
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 3: O êmbolo da seringa

- com um dedo, tapa-se o orifício de uma seringa (a);
- tenta-se empurrar o êmbolo da seringa (b).

Por que é que não se consegue empurrar o êmbolo até ao fim?



(a)



(b)

3.1. Um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 4)

3.2. Explicação que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de formular

3.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 3.2?

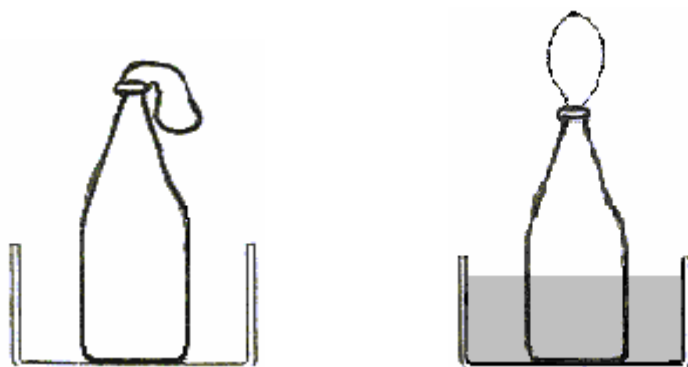
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 4: Balão na garrafa com água quente

- coloca-se um balão vazio no gargalo de uma garrafa (a);
- introduz-se a garrafa num recipiente com água muito quente (b).

Por que motivo o balão enche?



(a)

(b)

4.1. Um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (passe para a situação 5)

4.2. Explicação que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de formular

4.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 4.2?

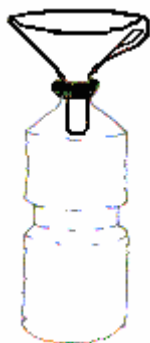
Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Situação 5: Água e funil

- encaixa-se um funil no gargalo de uma garrafa;
- coloca-se plasticina na junção do gargalo com o funil (a);
- deita-se água, de forma rápida, até meio do funil (b).

Por que motivo fica água retida no funil e não entra na garrafa?



(a)



(b)

5.1. Um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de responder à pergunta acima?

Sim. Continue

Não (terminou o questionário)

5.2. Explicação que um aluno no final do 9º ano deverá ser capaz de formular

5.3. Considera completa/suficiente a explicação descrita em 5.2?

Sim

Não. Descreva a explicação que considera completa.

Obrigada pela colaboração

ANEXO 3

Transcrições de entrevistas realizadas aos alunos

Nota introdutória

Com as transcrições que se seguem, conforme já se referiu no capítulo III (secção 3.4.6), pretende-se mostrar não apenas a forma como a entrevista se desenrolou, mas, sobretudo, ilustrar a forma como os alunos responderam, quando solicitados a prever e/ou a explicar os fenómenos considerados. Dado que a fase introdutória, das diversas entrevistas foi muito semelhante e se destinava, apenas, a colocar os entrevistados o mais à vontade possível, esta fase será omitida, iniciando-se a transcrição nas questões e nas respostas que têm a ver, especificamente, com a previsão e/ou a explicação formuladas pelos alunos. Para cada situação problemática, apresenta-se a transcrição de uma entrevista de um aluno, de cada ano de escolaridade. Para a identificação dos alunos, usaram-se os mesmos códigos, já referidos em 3.4.6, sendo a entrevistadora codificada pela letra E.

SITUAÇÃO 1: BALÃO DENTRO DA GARRAFA

Aluno do 4^o ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E – O que achas que acontece ao balão se tu, agora, aqui na entradinha, no buraquinho do balão, soprases lá para dentro?

AP3 - Ele vai enchendo, enchendo, porque entra cada vez mais ar, até que ... fica cheio dentro da garrafa.

E - Então, queres tu dizer que, ao soprases, entra lá para dentro ar!?

AP3 – Sim, vai entrar cada vez mais ar.

E – E o ar que sopras chega para encher o balão?

AP3 – Acho que chega. É com esse ar que ele vai encher.

Observação e Explicação

E – Então, consegues encher o balão?

AP3 – Não! [sorriu]

E - Parece que não. Realmente, o balão ficou quase na mesma! Quase nem se mexeu! E por que será que o balão não se consegue encher? Tu até sopraste bastante ... Até ficaste vermelha de tanta força que fizeste para soprar lá para dentro o ar!

AP3 - Porque ele deve ter o buraco muito grande e quando a gente bufa ... ele quando está na mão [faz o gesto com a mão] ... mas agora ele está numa garrafa ... o buraco é um bocadinho maior e ...

E - Então achas que tem a ver com o buraco do balão?

AP3 - Sim ...

E - Mas olha lá, o buraco do balão não tem o mesmo tamanho de quando o balão está na mão?

AP3 - Pois é ...

E - Nós não o aumentamos, pois não? Afinal, o tamanho do buraco do balão, na garrafa ou fora da garrafa, é igual.

AP3 - São todos iguais! [franze o sobrolho e encolhe os ombros em sinal de concordância]

E - Vês! Então, se calhar, o problema não está no buraco do balão ... Ora pensa lá um bocadinho: na mão, disseste tu que consegues encher, mas aqui, dentro de uma garrafa, como viste, ele não enche! Então o problema de o balão não encher, como pensavas, qual será? O balão é o mesmo que enche cá fora! Onde estará o problema de ele não encher?

AP3 - Na garrafa.

E - Pensas que o problema de o balão não encher estará na garrafa? E porquê? Por que pensas que é por causa da garrafa que o balão não enche, mesmo que sopres lá para dentro?

AP3 - A garrafa é apertada ... o balão quando está na mão .. como hei-de dizer ... está livre e ali está na garrafa ... não se consegue ... tudo o que a gente bufa sai logo ...

E - Está apertado? Com quê? O que será que está a apertá-lo?

AP3 - A garrafa. É estreita ... não dá espaço para ele se esticar.

Aluno do 6º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que achas que vai acontecer a este balão, colocado aqui no gargalo desta garrafa, se soprares para dentro dele?

AS5 - O balão enche de ar. [ar de convicção]

E - Por que achas que soprando ele vai encher?

AS5 - Porque eu ao soprar vou introduzir ar e ele fica lá dentro.

Observação e Explicação

E -Então, vou convidar-te a soprar para vermos se acontece, ou não, assim como dizes.

AS5 – Não ... ! [sinal de espanto]

E - Afinal, não encheu! E tu até bem tentaste! Por que será que não encheu?

AS5 - Porque não tem espaço suficiente para encher.

E – Explica-me lá isso de não ter espaço. Por que dizes que o balão não tem espaço?

AS5 - Porque não tem espaço ...

E - Mas por que me dizes que lhe falta o espaço? Eu até vejo aqui, dentro da garrafa, algum espaço!

Onde lhe falta o espaço?

AS5 - Isso é que é o mais difícil!... Falta de espaço para o balão aumentar ...

E - E por que motivo é que o balão não pode aumentar?

AS5 - Por causa do gargalo da garrafa.

E – Do gargalo? Porquê? O que tem a ver o gargalo com o balão?

AS5 - Porque está a apertar o balão e ele não consegue encher.

E - Mas olha lá, o buraco onde encostaste a boca para soprar não está apertado! Está aberto! Ora vê tu. Espreita ...

AS5 - ... [encolhe os ombros, em sinal de concordância, mas não responde]

E - Não está apertado nem fechado, pois não?

AS5 – Não.

E - O que será então que impede o balão de encher?

AS5 – Então, só se for o ar que está dentro da garrafa que não consegue sair e já não o deixa encher.

E - E como é que tu sabes, que prova é que tu tens, que é o ar que não o deixa encher e não é, por exemplo, a garrafa que está a impedir? Tens mesmo a certeza de que é por causa do ar?

AS5 - Porque o ar existe em todas as partes e, então, também está lá dentro e se o balão aumentasse, depois o ar teria de sair.

E – Porquê?

AS5 – Para caber o balão!

E - E por que é que o ar não pode sair?

AS5 - Porque isto está tapado.

E – És capaz de me dizer como ficaria o balão se o problema fosse da garrafa?

AS5 - ... Se o balão enchesse é porque já não tinha ar na garrafa.

E - E até onde enchia?

AS5 – Enchia até aos limites da garrafa.

E - Então, o que achas que se deveria fazer para o balão encher?

AS5 - Tirar o ar da garrafa ou tirar o balão e enchê-lo fora.

Aluno do 9º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E – O que achas que acontece ao balão se eu o encaixar no gargalo desta garrafa e soprar lá para dentro?

AT5 - Não vai encher.

E - Porquê? Repara, quando tens um balão na mão e sopras lá para dentro, o que acontece?

AT5 – Enche ...

E – Sim, é soprando que as pessoas costumam encher os balões! Então, por que dizes que este não vai encher, se também vais soprar lá para dentro, como costumás fazer?

AT5 - Porque depende do que ... que o ar dentro do balão é mais denso que o ar ... [ar hesitante]

E – Ar mais denso? Explica-me lá a que é que tu chamas ar mais denso.

AT5 - Não sei explicar...

E – Explica-me por palavras tuas. Não precisas de te preocupar com termos muito complicados!

Portanto, tu achas que o ar que fica dentro do balão é mais denso ...

AT5 - É mais denso dentro do balão porque está tapado, penso eu... [com ar muito compenetrado, fixa a garrafa, como que estivesse raciocinando]

E - E então, por ser mais denso, porque é que não deixa o balão encher?

AT5 - É mais denso e o ar de fora é menos ... menos denso e, portanto ...

E - Mas tu achas que o ar que está cá dentro do balão se tornou mais denso por que motivo?

AT5 - Ah! Já sei porque é que não enche [sorriu]! É porque tem ar lá dentro e para o balão poder encher tinha que ocupar o espaço desse ar e não consegue ... porque o ar depois não tinha sítio para onde ir.

E - E porquê?

AT5 - Porque está tapado aqui em cima, com o balão.

Observação e Explicação

E – Vais então, tu mesmo, soprar, para ver se a tua previsão está certa ou não.

AT5 - Está. Não encheu [abanou a cabeça, em sinal de certeza do que tinha previsto].

E - Realmente, o balão não enche. E, então, manténs a explicação que me tinhas dado?

AT5 – Sim.

E - Explica-me, lá, outra vez, como é isso do ar que está dentro da garrafa ...

AT5 – O ar da garrafa como não tem por onde sair, o balão não pode aumentar. Para isso, o ar teria de sair para algum lado e não tem por onde sair.

E - E por que motivo o ar precisava de sair para o balão encher?

AT5 – Porque como o ar está a ocupar espaço, não deixa espaço para o balão encher. O espaço que o balão viria a ocupar não é possível.

E - Só mais esta pergunta, para terminar: como é que tens tanta certeza que é o ar que está dentro da garrafa que impede o balão de encher e não é, se calhar, a própria garrafa?

AT5 – Porque se fosse só por causa da garrafa, então o balão tinha enchido até ao vidro.

SITUAÇÃO 2: PAPEL DENTRO DO COPO

Aluno do 4º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - Se eu pegar neste copo, o virar para baixo e o mergulhar ali, na água, o que achas que acontece ao papel que está lá dentro?

AP2 - Vai-se ... com a água o papel ... como o papel é sensível ... ou quê ... vai-se rasgando aos bocados.

E - Mas ... começa logo a rasgar-se aos bocados? Como é que ele está agora? Ora põe a mão.

AP2 - Está seco.

E - E como é que achas que ele fica, assim que o mergulhar na tina?

AP2 - Fica molhado.

E - Porquê?

AP2 - Porque se o metemos dentro da água, as coisas que metemos sempre dentro da água ficam molhadas.

E – Tu achas, então, que o papel fica molhado porque as coisas que metemos dentro da água ficam molhadas. Vamos lá experimentar. Até podes ser tu a meter o copo na água.

Observação e Explicação

E – Coloca o copo direitinho. Pousa-o mesmo no fundo da tina e depois tira-o. Vamos ver o que aconteceu. Olha lá para o papel. Então? Como ficou?

AP2 - Não ficou molhado.

E - Afinal, não aconteceu como tinhas pensado ... Porque seria?

AP2 - Porque não saiu ... não saiu o papel.

E – Pois, realmente, o papel não saiu e tu, ainda por cima, meteste dentro de água o copo onde ele estava e o papel não ficou molhado!

AP2 - Porque a água é baixa e não chega aí, ao papel.

E - Porque a água é baixa? Então vamos experimentar pôr mais água?

AP2 - Sim.

E – Agora que colocamos mais água, vês que a água vem mais até cá acima. Experimenta, então, de novo, meter lá o copo dentro da água. Então? E agora? Como ficou?

AP2 - Não molhou na mesma.

E – Pois não! Então porque será? Quer tenha pouca água, quer tenha muita água, viste que o papel não fica molhado! Ela não conseguiu entrar!

AP2 - ... [fica em silêncio]

E - Olha lá, põe aqui o teu dedo. A água está por dentro ou está por fora?

AP2 - Está por fora.

E - Então?!

AP2 - Não entrou porque acho que a senhora professora meteu o copo dentro da água e tapou e ... eu acho que a senhora professora meteu o copo dentro da água, tapou aqui em baixo ... como o copo foi lá ao chão, a água não passa para dentro.

E - Mas repara que o copo antes de chegar ao chão, como tu dizes, a água tinha possibilidades de entrar! Ora, olha, antes de ele chegar ao chão. Eu vou continuando, continuando a meter o copo e a água não entra naquele espaço, no rebordo do copo; fica por fora. E ele não está ainda no chão! Se a água pudesse entrar, ela entrava agora mesmo! Que achas?

AP2 - Pois é ...

E - Então, como é que tu explicas esta situação?

AP2 - É um bocado difícil... Eu acho que é a boca do copo.

E - A boca do copo? Porquê?

AP2 - Porque como tem este espaço assim ... aqui é mais grande ... mais largo ... e a senhora professora ao pousar ...

E - Então, se ele é mais largo, ainda ajudava mais, ainda era motivo para facilitar ...

AP2 - A entrada da água.

E - Exactamente! E a água, mesmo sendo a boca do copo larga, como dizes, ela não entra!

AP - Pois não.

E - Ora experimenta outra vez, mete-o para baixo, direitinho, e vê se me consegues explicar porque é que a água fica toda por fora e nenhuma entra lá dentro?

AP2 - Acho que é o vidro. Esta parte assim, do papel até baixo.

E - E porque achas que é essa parte do copo que não deixa entrar a água? A boca do copo é larga, como disseste; até nem é uma abertura estreitinha. E o que acontece é que eu o enfio lá dentro e a água não entra para poder molhar o papel!

AP2 - Deve ser alguma espécie para a água não passar.

E - Alguma espécie? De quê?

AP2 - Do vidro ou qualquer coisa.

E - Achas, então, que é o formato do vidro, é?

AP2 - Sim.

Aluno do 6º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que pensas que vai acontecer a este papel, depois de o papel ser colocado no fundo do copo e este for invertido e mergulhado na água?

AS8 - O papel não vai ficar molhado.

E - Porquê? Então eu vou meter dentro de água, o copo onde o papel está!

AS8 - Porque a água que está ali dentro não tem altura suficiente para molhar o papel.

E - Então achas que será necessário colocar um bocadinho mais de água?

AS8 - Talvez ...

E - Então, agora que pusemos mais água, qual a tua opinião sobre o que acontece ao papel?

AS8 – Não fica molhado.

E – Mas, quando me explicaste a primeira vez, disseste que o papel não molhava porque a altura da água era baixa. Pusemos mais água na tina e tu continuas a pensar que o papel vai continuar seco. Porquê? Explica-me lá um pouco melhor a tua ideia.

AS8 – O papel não vai ficar molhado porque o ar que está dentro do copo como não vai poder sair, a água não vai poder entrar.

Observação e Explicação

E – Vamos então fazer a experiência e ver se, realmente, tens razão na previsão que fizeste.

AS8 – A água não subiu. O papel não está molhado.

E – Ora bem. Ainda há pouco, tu me disseste que era por causa do ar que estava dentro do copo.

Como é que tu sabes, o que é que te leva a dizer que foi por causa do ar que a água não entrou?

AS8 – Porque se você virar o copo assim, ao contrário, o ar já sai e a água já entra!

E – Sim, e para além de saberes que a água não entrou e veres o papel seco, que outra prova tens aqui de que a água não conseguiu entrar?

AS8 – Quando se meteu o copo via-se a água a subir.

E – E agora que viraste o copo ...

AS8 – Vi a água de lado, do lado de fora.

Aluno do 9º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que achas que sucede a este papel, que como tu viste, amarrotei e coloquei aqui dentro, se eu pegar no copo, o inverter e o mergulhar ali na tina?

AT14 - Talvez não caia.

E - Eu não estou a referir-me ao cair ou não, mas estava a referir-me ao aspecto: ficar molhado ou seco.

AT14 - Molhado.

E - Porquê?

AT14 - Porque o copo começa a ressoar e fica o papel molhado.

E - E começa a ressoar porquê?

AT14 - Por o copo ficar ao contrário virado para a água.

E - Então, tu achas que o que vai molhar o papel é o ressoado ou a água?

AT14 - O ressoado do copo, mas por causa de haver ali água.

Observação e Explicação

E - Vamos, então, experimentar. Até podemos pôr mais água. Então vamos ver como ficou o papel.

AT14 - Está seco.

E - Então, o que é que se terá passado? Achas que a água entrou no copo? A água, aqui, está do lado de dentro ou de fora?

AT14 - Por fora.

E - Então como é que explicas que mergulhando o copo nesta água toda, e tem aqui muita água na tina, como vês, água suficiente para entrar no copo e até o encher, mas o facto é que ela não entra nenhuma! Porquê?

AT14 - ... [silêncio]

E - Até a boca do copo é larga, não é estreita que não permitisse a entrada da água!

AT14 - ... [silêncio]

E - Ora mergulha tu, direitinho. Assim que o copo entra, o que acontece?

AT14 - Ela afasta-se para os lados, não entra.

E - Pois não. E o que será que a faz afastar-se?

AT14 - Porque quando se põe o copo, há ali uma pressão.

E - Uma pressão? De onde?

AT14 - É a água.

E - Então a água está a exercer pressão ... sobre quê?

AT - É a água e o copo.

E - Ora vêm bem: se a água tivesse tanta pressão, como tu dizes, ela fazia força de baixo para cima e entrava no copo. Mas, ela não entra! Portanto, se calhar não será bem a força, a pressão da água.

Porque se ela tivesse tanta pressão ...

AT14 - Ah! [sorriso]. É do ar.

E - Achas que é do ar? E onde está o ar? Explica-me um bocadinho melhor a tua ideia.

AT14 - No copo.

E - Mas em que sítio? No copo não está só o papel?

AT14 - Está entre o fundo da tina e o papel. Impede que a água entre.

E – Impede, como?

AT14 – Faz pressão.

SITUAÇÃO 3: ÊMBOLO DA SERINGA

Aluno do 4º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que achas que acontece aqui a este êmbolo se eu, depois de tapar com o dedo o buraco da seringa, tentar empurrar o êmbolo para baixo?

AP24 – Eh! Já fiz essa tantas vezes em casa! Não dá para ir.

E - Não vai? Nada? Vai muito, vai pouco, vai alguma coisa, o que é que tu achas?

AP24 – Só se for mesmo um bocadinho!

E – Porque dizes que ainda consegues descer um bocadinho?

AP24 – Porque o ar vai comprimir-se todo aí dentro e isso já nem sequer anda!

E – Como é que ele se vai comprimir?

AP24 – Porque você empurra o ... o êmbolo e faz força no ar que lá está!

E – Então, agora diz-me porque é que o ar, mesmo comprimido, não deixa o êmbolo ir para baixo?

AP24 – Porque não tem espaço para o êmbolo, porque o ar não pode sair.

Observação e Explicação

E - Então, o que está a acontecer?

AP24 - Está a ir ...

E - Está a ir para baixo. Pois está! E conseguimos que ele fosse até quase metade. Como achas que isso foi possível?

AP24 – Sempre havia um bocado de espaço!

E – Como é que se conseguiu esse espaço?

AP24 – Comprimindo-se mais ar. Mas, agora, se isso se destapar, sai o ar.

E – Sim, e o que acontece ao êmbolo?

AP24 – Vai para baixo.

E – Porquê?

AP24 - Porque já não há lá ar comprimido.

E – E se eu, em vez de destapar em baixo, soltar o êmbolo? O que acontece?

AP24 – Vai andar para trás.

E – Porquê?

AP24 – Porque o ar sempre quer estar mais confortável e puxa-se para trás. Já não tem necessidade de estar tão comprimido.

Aluno do 6º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que pensas que vai acontecer ao êmbolo se eu o pressionar?

AS16 - Não vai ceder. Só se tirarmos o dedo.

E - Porquê?

AS16 – Se fizer muita força, o dedo até desliza ...

E – E, então, o que acontece ao êmbolo?

AS16 – Nesse caso, o êmbolo vai para baixo porque empurra o ar que está dentro da seringa. Se não tivéssemos o dedo a tapar, o ar saía.

E – Mas, então, eu vou fazer força de forma a que o dedo não deslize! Explica-me, lá, o que acontece nesta situação.

AS16 – Não vai deslizar!

E – E porquê?

AS16 – Porque isso está tapado numa superfície e noutra e o ar não vai ter espaço para ele sair ...

E – E então?

AS16 – Não deixa o êmbolo descer!

Observação e Explicação

E - Tu já me disseste que o êmbolo não vai conseguir deslizar. Agora, vamos experimentar o que realmente acontece. Sempre desceu um pouco!

AS16 – Sim ... Mas só consegui até aos 40 ml!

E – Então, e porque seria que eu consegui que o êmbolo descesse um pouco? Como é que foi possível descer o êmbolo até quase metade?

AS16 – Porque, a partir dos 4 ml, não há mais espaço e o êmbolo não consegue deslizar mais.

E – Não há mais espaço? Por que dizes isso? E, então, até aos 40 ml, havia espaço para o êmbolo descer? Como explicas que até aos 40 ml o êmbolo tenha descido e, a partir daí, não?

AS16 – Porque foi o ar que cedeu, que desceu, mas continuou todo lá.

E – O que queres dizer com cedeu/desceu? És capaz de me arranjar um sinónimo?

AS16 – Ele ... se fosse como tipo tecido, ele cede, ele encolhe. O ar também cedeu, mas de uma maneira diferente! Veio vindo cá para baixo, tentando sair. Mas, como estava aí o dedo ... Ficou preso. Não conseguiu descer mais.

E - E se eu agora largar o êmbolo, o que acontece?

AS16 - Volta para cima.

E - Porquê?

AS16 - Porque o ar volta outra vez para cima.

E - Porquê?

AS16 - Porque já não precisa de estar todo cá em baixo.

E - O que era preciso eu fazer para o êmbolo descer todo?

AS16 - Destapar o buraco.

E - Porquê?

AS16 - Porque saía o ar.

Aluno do 9º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E – Agora que a seringa está cheia de ar e o orifício tapado com o dedo, o que achas que vai acontecer ao êmbolo da seringa, se eu o pressionar?

AT3 – Vai conseguir pressioná-lo, mas só até um certo ponto, porque depois já não consegue mais.

E – Achas que não? Por que dizes isso?

AT3 – Pela minha experiência que tenho vindo a dar até agora.

E – Sim? Então, vamos lá ver um pouco melhor! Até onde achas, mais ou menos, que vou conseguir pressionar o êmbolo?

AT3 – Até aos 40/30 ml ...

E – E porquê até aí? Se eu tapei com o dedo, como achas que ele ainda vai conseguir descer um bocado?

AT3 – Porque ... à medida que vai comprimindo o ar que aí está, empurrando o êmbolo, os átomos e moléculas que aí estejam vão começar a juntar-se cada vez mais e a exercer maior pressão sobre as paredes do êmbolo. O volume que o ar ocupa vai começar a diminuir cada vez mais. Só que vai chegar a uma parte que não dá para apertar mais.

E – Porquê?

AT3 – Porque já não há espaços vazios e o ar não vai conseguir juntar-se mais, a não ser que o ar se escape por ali!

Observação e Explicação

E - Sempre deu, como disseste, para descer um pouco.

AT3 – Lá está, como lhe disse, o ar conseguiu ficar apertadinho, comprimido ...

E – Então, uma vez que aconteceu o que tinhas previsto, agora, depois de observares o fenómeno, pedia-te que, de novo, me explicasses o que, realmente, aconteceu.

AT3 - É porque há sempre espaços entre átomos e moléculas. Mas, à medida que a pressão se exerce sobre eles e vai aumentando, os espaços vão diminuindo e eles vão ficando mais juntos uns dos outros.

E – E porque é que o ar não se comprimiu mais, de forma a que o êmbolo descesse até ao zero?

AT3 – Entre as partículas já não tinha mais espaço.

E - Então, no caso de eu largar o êmbolo ...

AT3 – Ele volta para os 50 ml. Como não havia nenhuma pressão a exercer sobre eles, eles voltaram a dilatar-se e a adquirir os espaços que havia entre eles.

E – Mas, o que é que se dilatou? A que te referes?

AT3 – Ao espaço.

E – Então, responde-me a uma última questão: o que era necessário para que o êmbolo descesse totalmente?

AT3 – Era preciso tirar o dedo do buraco porque, assim, o ar escapava-se pela ponta da seringa.

SITUAÇÃO 4: BALÃO NA GARRAFA COM ÁGUA QUENTE

Aluno do 4º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que é que achas que vai acontecer ao balão se eu pegar naquela água quente que ferve e a despejar aqui na tina e colocar lá dentro a garrafa?

AP6 – Acho que o balão enche.

E – Porquê?

AP6 – Porque se puser aqui a água quente, o ar quente entra pela garrafa e sobe para cima e enche o balão.

E – Como é que o ar quente entra para a garrafa?

AP6 - ...

Observação e Explicação

E – Olha, vou então sugerir-te que tu próprio coloques a água quente na tina, para vermos o que, de facto, acontece ao balão.

AP6 – Sempre encheu!

E – Ora vamos lá retomar a tua explicação de há pouco. Disseste que o ar quente entrava pela garrafa. Como é que isso acontece?

AP6 – A água está aqui quente ... o ar que estava aqui dentro da garrafa aqueceu ...

E – Qual ar? Onde é que está o ar?

AP6 – Aqui, na garrafa. Dantes, na outra experiência, tinha ar cá dentro! Depois ... a água quente por fora ...

E – Então o ar não entrou. Já lá estava!

AP6 – Sim... a água quente aqueceu o ar que foi para cima e encheu o balão.

E – E por que é que esse ar, depois de ser aquecido, subiu e foi para o balão?

AP6 – Não será que ... o ar está frio, depois aquece e o ar quente começa a ir para o balão.

E – Mas ainda não me disseste por que motivo o ar, ao ficar quente, começa a ir para o balão!

AP6 – É mais ou menos como aqui (refere-se ao vapor).

E – Mas, o ar podia aquecer e o balão ficar na mesma!

AP6 - ... Eu já sabia isso: o ar está frio e o ar quando fica quente começa a ir para cima. Já sabia da escola.

E – Ah! Já sabias! Então, diz-me uma última pergunta: o que achas que devíamos fazer para conseguir que o balão voltasse a ficar como inicialmente?

AP6 – Tirar o balão.

E – Mas sem o tirar dali!

AP6 – Deixar arrefecer ou meter em água fria.

E – Porquê?

AP6 – Porque quando o ar arrefeceu já não tinha ar quente para empurrar para cima e o balão volta a encolher.

Aluno do 6º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E – Ora bem. Uma vez que já está colocado no gargalo, diz-me lá agora o que achas que acontece ao balão se eu colocar a garrafa em água bem quente?

AS9 – Acho que não acontece nada.

E - Porquê?

AS9 – Porque o vapor que a água vai ter não vai fazer com que o balão encha.

E - Por que não?

AS9 – Porque se a água quente fosse deitada dentro da garrafa, o vapor, se calhar, enchia o balão. Subia e enchia o balão. Mas por fora ...

Observação e Explicação

E – então, o que está a acontecer ao balão?

AS9 – Está a encher!

E – Porque será?

AS9 – A água que você ia deitando veio aquecer o ar cá dentro (aponta para dentro da garrafa) ...

E - Achas que a água entrou para a garrafa?

AS9 – Pois ...

E - Ficou toda aqui na tina, não foi? Então, o que se terá passado?

AS9 – Bem, os balões costumam encher-se com ar quente e outros com ar normal ...

E – Sim, e neste caso?

AS9 – Com ar quente.

E - E de onde veio esse ar quente?

AS9 – Da água a ferver.

E – E como chegou até ao balão?

AS9 – Se calhar foi aquecendo e com a pressão do ar ...

E – Foi aquecendo o quê?

AS9 – O plástico do balão. E com a pressão da água quente o balão foi enchendo.

E – Mas como encheu?

AS9 – O ar da garrafa tendo aquecido, algum ar que estava mais quente deve ter subido.

E – Porque é que subiu por estar mais quente?

AS9 – Porque se calhar já não tinha espaço à beira do ar normal e subiu!

E – E porque é que ele já não tinha espaço?

AS9 – Porque se calhar a quantidade do ar que aqui já tinha já era suficiente para encher a garrafa e, então, o ar quente, ficou a mais na garrafa e subiu para o balão.

E – Mas ainda não me explicaste bem por que motivo teve de subir, depois de ficar mais quente!

AS9 – Porque o ar quente sobe mais rápido que o ar normal.

E – Mas deve haver uma razão para o ar quente subir mais rápido que o ar frio, não?

AS9 – Porque, por exemplo, os balões de ar quente, sem o ar quente, com o ar normal, não sobem.
Tem de ser a gás para fazer o ar quente.

E – Sim, concordo, mas queria que me disseses só mais uma coisinha: porque é que, então, precisamos que o ar esteja quente para ele subir, conforme dizes?

AS9 – Porque na atmosfera o ar quente ... tem mais pressão para subir.

E – Então, o que achas que tínhamos de fazer para o balão ficar como estava no início?

AS9 – Pôr água fria. Porque, se calhar, dantes as partículas da água quente vão-se esticando mais, em vez de se encolherem. Com a água fria já não tinha as partículas da água quente que se esticam em vez de encolher. O ar fica outra vez normal perto da garrafa e o balão esvazia.

Aluno do 9º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que é que tu prevês que aconteça a este balão, encaixado no gargalo desta garrafa, se eu colocar a garrafa numa tina de água bem quente?

AT18 - O balão vai encher.

E - Porquê?

AT18 – A garrafa tem ar ...

E – Tem ar? E que tem a ver esse ar com o facto de achares que o balão vai encher?

AT18 – É o ar que está dentro do recipiente. Como o ar está quente, tem tendência a subir, a escapar para dentro do balão.

E - Porquê? Por que motivo o ar, depois de aquecido, tem de escapar, de subir, como dizes?

AT18 - Porque quando aumenta a temperatura, o gás, as partículas do gás ficam mais irrequietas, mexem-se e tentam escapar. E então, como o orifício em que podiam escapar está tapado ... era para o balão e então, vão em direcção ao balão e ele enche.

Observação e Explicação

E - Vamos ver se é assim que acontece, como disseste. Colocamos o balãozinho, pronto, já está. Então, o que é que aconteceu, realmente?

AT18 - Está a encher.

E - Ele está a tentar ...

AT18 – A levantar.

E – E agora? Continuas a manter a mesma explicação?

AT18 - Continuo. É por causa da água quente ... ela vai aquecer o ar, as partículas começam a movimentar-se ...

E - Então, tira-me cá uma dúvida com que eu fiquei há pouco, quando me deste a primeira explicação: achas mesmo que são as partículas, quando ficam mais irrequietas, como disseste, que sobem para o balão?

AT18 - ... É o ar ... acabam por ser as partículas também!

SITUAÇÃO 5: ÁGUA E FUNIL

Aluno do 4º ano de escolaridade

Previsão e explicação

E – O que achas que vai acontecer a esta água se eu a deitar dentro do funil?

AP21 – [ar convicto] Passa para a garrafa!

E – Porquê?

AP21 – Porque a plasticina está presa aqui do lado de fora. Não deixa que a água passe para fora mas deixa que passe por dentro.

E – Então, por que seria que eu coloquei aí a plasticina?

AP21 – Para segurar o funil e a água não verter por fora. O meu avô também põe um funil para mudar o azeite e ele passa!

Observação e explicação

E – Afinal, a água não entra. Pelo menos alguma ficou dentro do funil. Tu disseste que era por causa da plasticina. O teu avô também põe plasticina quando muda o azeite?

AP21 – [ar admirado] ... Não!

E - Então o que estará aí a fazer a plasticina?

AP21 – A plasticina está aqui a prender a água, aqui no funil, e não deixa a água passar para baixo.

E – Mas não foi isso que me disseste há pouco, antes de veres que ela não passava. Então, como é que ela está a prender a água, se ela está por fora e a água está por dentro? Se eu a pusesse no buraco...!

AP21 – Está a prender a água que está dentro do funil.

E – Sim, mas como?

AP21 – Está a apertar.

E – A apertar o quê?

AP21 - ... Para a água não passar ...

E – Mas, ora espreita, o buraco está desimpedido.

AP21 – Como a água está ali, a plasticina está a fazer com que a água não vá para baixo.

E – O que é que é preciso fazer para a água entrar toda?

AP21 – Tirar a plasticina.

E – E se eu não quisesse tirar a plasticina? O que tinha de fazer ao funil?

AP21 – Tirar o funil dali e a água vai caindo.

E – E porquê.

AP21 – Por causa do ar que estava na garrafa. A plasticina fez contacto e não deixou o ar passar e a água ficou presa.

E – Então porque é que o ar lá dentro não deixava a água entrar?

AP21 – Porque era muito ar e a água não entrava porque a plasticina também estava aqui a prender o ar. O ar ficava lá dentro e a água não podia sair do funil.

E – Mas, no início, entravam algumas gotinhas. Se o ar não tinha saído por lado nenhum, como conseguiram entrar?

AP21 – Porque o ar ficou em água.

Aluno do 6º ano de escolaridade

Previsão e Explicação

E - O que pensas que vai acontecer à água quando eu a despejar aqui no funil?

AS4 - Se calhar, como está ali pressionado com a plasticina, a água não vai conseguir ir para baixo; não vai para a garrafa.

E - O que é que está pressionado?

AS4 - O ar.

E - Qual ar?

AS4 - O ar que estava aqui (dentro do funil) está ali a ser pressionado pela plasticina.

E – E porque é que estando ali o ar pressionado, achas que a água não vai para a garrafa?

AS4 - ...

Observação e Explicação

E - Bem, vamos fazer mesmo a experiência e ver se me consegues dar uma explicação para o que acontece. Então, sempre não passou para a garrafa!

AS4 – É ... Passou alguma e a outra ficou armazenada no funil.

E - Então que explicação arranjas tu para isto?

AS4 - Houve qualquer coisa que não a deixou ir toda para baixo!... Seria a pressão da plasticina à volta que não a deixa ir?

E - E, nesse caso, a plasticina estaria a exercer pressão onde e em quê?

AS4 - Aqui, à volta no gargalo.

E - Porque é que tu achas que essa pressão tem influência na água e não a deixa passar?

AS4 - Só se tiver alguma coisa a ver com o ar que está aí ...?!

E - Onde?

AS4 - No funil.

E - Mas achas que o funil tem ar? Ele não está cheio de água?

AS4 - Só se fosse, então, por exemplo ... que estivesse ar aqui dentro da garrafa e ao pôr a água o ar começou a encolher um pouco, só que não conseguiu encolher totalmente e deixou um bocado de espaço para a água e outro bocado é ele que o está a ocupar.

E - Tu disseste que o ar encolheu. Porque é que não conseguiu encolher-se mais para a água entrar toda?

AS4 - Sim, podia encolher-se mais ...

E - E achas que ele podia encolher-se mais?

AS4 - Se calhar não, porque ele ainda deixou um bocadinho as gotas passarem. O ar tenta ir para cima mas não pode porque não tem por onde passar, porque aqui a água está a ocupar. No lado de fora, também tem a plasticina à volta e não deixa o ar sair.

E - Então, o que teríamos de fazer para a água entrar toda?

AS4 - Talvez se tirasse a plasticina era capaz de ela entrar!

E - E tirando a plasticina, o que se passa?

AS4 - O ar vê que pode, sai todo e deixa a água entrar.

Aluno do 9º ano de escolaridade

Previsão e explicação

E - Deitando aqui água ...

AT22 - [sorrindo] Já estou a imaginar que a água não deve entrar ...!

E - Achas que não? Porquê?

AT22 - ... Em circunstâncias normais ela entrava ...

E - Em circunstâncias normais, dizes tu? O que são para ti circunstâncias normais?

AT22 – Não ter a plasticina!

E – Então, o que achas que a plasticina está ali a fazer?

AT22 – Sei que é por ela estar ali ... agora ...

Observação e explicação

E – Realmente, pensaste bem. A água não cai. Só umas gotinhas, de vez em quando ... Ainda continuas a achar que é por causa da plasticina?

AT22 – [fixou o olhar na garrafa, pensativo] A plasticina deve estar a tapar o ar ...

E – Qual ar?

AT22 – O que está dentro da garrafa.

E – Como sabes que dentro da garrafa está ar?

AT22 – Porque com a plasticina o ar não sai dos lados e com a água também não pode sair!

E – Então ele não podendo sair, porque é que a água não pode entrar?

AT22 – Só entrou um bocadinho.

E – Sim, viste que só entrou alguma água. Mas, olha lá, se o ar não saiu, como entrou alguma água, se ainda há pouco disseste que com o ar que estava na garrafa a água não podia entrar?

AT22 – De certo, o ar, imagine, só ocupa isto [da água para cima] e, por isso, cá dentro só pode ocupar um bocado de água.

E – Então como foi possível o ar, se ocupa tudo e não saiu, deixar entrar alguma água?

AT22 – Foi, de certo, ele que se encolheu.

E – Encolheu? O ar também se encolhe?!

AT22 – É ... Fica a ocupar menos ...

E – Então, se ele pode encolher-se e ocupar menos, porque é que não se encolheu mais e deixava entrar mais água?

AT22 – Não pode encolher mais.

E – Então, o que se teria de fazer para a água entrar?

AT22 – Tirar-lhe a plasticina.

E – Porquê?

AT22 – Para o ar sair por aqui [apontou para o local onde estava a plasticina].

E - Porque é que ele tinha de sair para a água entrar? Não podiam ficar lá os dois?

AT22 – Não, porque o ar ocupa um certo espaço.



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa
As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico
Abril de 2007

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa
As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico
Abril de 2007



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa
As actividades laboratoriais e a explicação de fenómenos físicos: uma investigação centrada em manuais escolares, professores e alunos do Ensino Básico
Abril de 2007



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa

**As actividades laboratoriais e a explicação de
fenómenos físicos: uma investigação centrada
em manuais escolares, professores e alunos do
Ensino Básico**

Abril de 2007



Universidade do Minho
Instituto de Educação e Psicologia

Alcina Maria Silva Mota Figueiroa

**As actividades laboratoriais e a explicação de
fenómenos físicos: uma investigação centrada
em manuais escolares, professores e alunos do
Ensino Básico**

Abril de 2007