

**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***

**Volume I**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

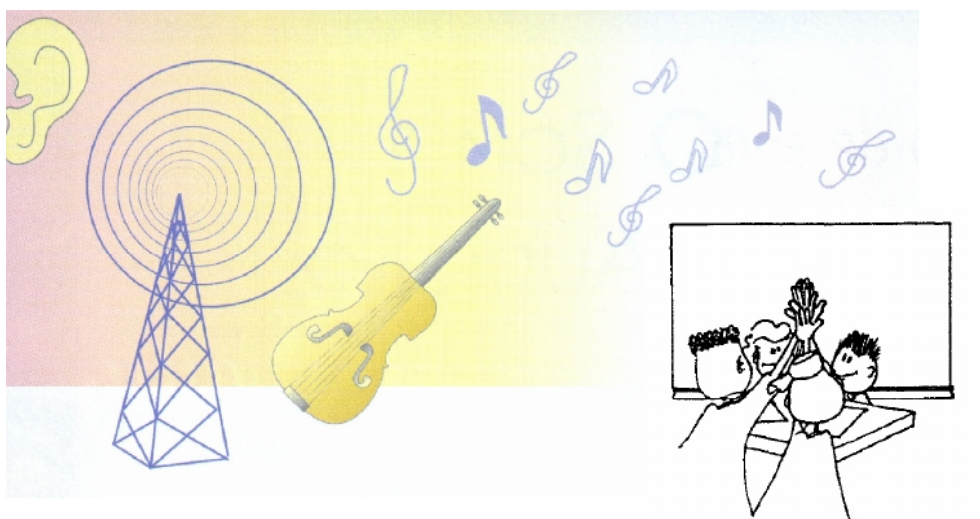
**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Lisboa**

**2007**

**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***



**Volume I**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Sob a orientação**

**Professor Doutor Jorge António de Carvalho Sousa Valadares**

**Professora Doutora Maria Manuela Malheiro Ferreira**

**Lisboa**

**2007**

**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***

**Volume II**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

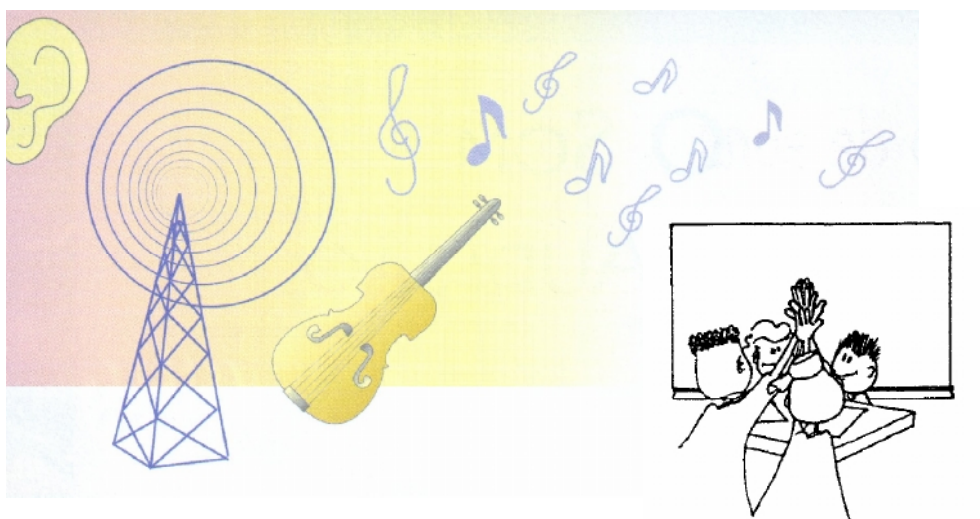
**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Lisboa**

**2007**

**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***



**Volume II**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Sob a orientação**

**Professor Doutor Jorge António de Carvalho Sousa Valadares  
Professora Doutora Maria Manuela Malheiro Ferreira**

**Lisboa  
2007**



**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***

**Volume III**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

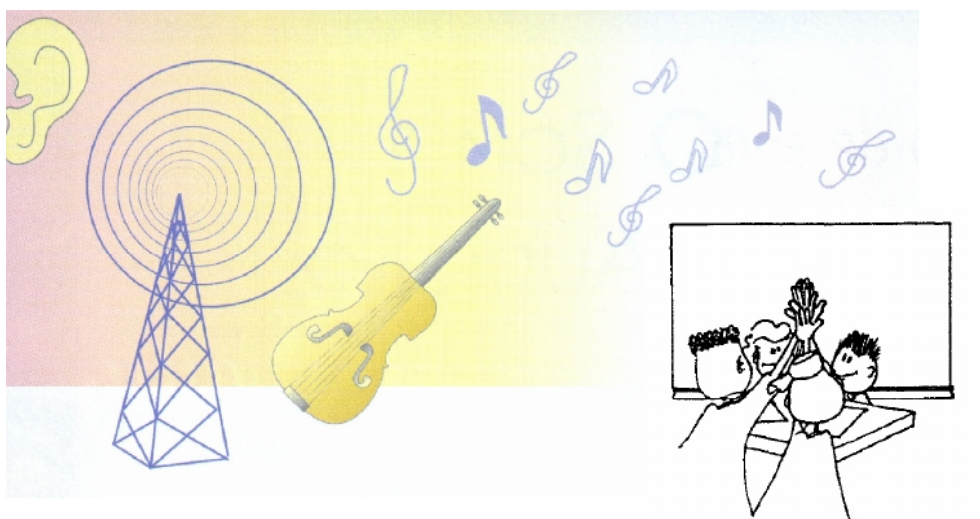
**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Lisboa**

**2007**

**UNIVERSIDADE ABERTA**

***A aprendizagem da Acústica no Ensino Básico:  
uma pesquisa epistemológica e psicologicamente  
fundamentada***



**Volume III**

**Maria Teresa Monteiro Soares**

**Tese de Doutoramento em Ciências da Educação  
– especialidade em Didáctica da Física**

**Sob a orientação**

**Professor Doutor Jorge António de Carvalho Sousa Valadares  
Professora Doutora Maria Manuela Malheiro Ferreira**

**Lisboa  
2007**

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa que agora se apresenta não teria sido possível sem o apoio e o incentivo prestado por todos aqueles que me ajudaram nesta longa e difícil caminhada.

Em primeiro lugar, uma palavra de apreço e gratidão aos meus orientadores Professor Doutor Jorge António de Carvalho Sousa Valadares e Professora Doutora Maria Manuela Malheiro Ferreira, por todo o estímulo que me deram ao longo dos anos que durou esta pesquisa, assim como pelas suas sugestões, correcções, compreensão e disponibilidade sempre demonstradas na orientação deste trabalho.

Ao Departamento de Gestão dos Recursos Educativos do Ministério da Educação, por me ter concedido a licença sabática e mais tarde a equiparação a bolsa sem as quais não teria sido possível escrever esta dissertação.

Ao Conselho Executivo da escola que me franqueou as suas instalações facilitando a recolha de dados necessários ao trabalho de campo.

Às colegas que se disponibilizaram a participar na investigação, viabilizando assim a sua concretização.

Finalmente aos meus pais, aos meus irmãos e ao Paulo pela compreensão e o estímulo nos momentos mais difíceis.

## RESUMO

A presente investigação pretendeu conceber uma estratégia epistemologicamente e psicologicamente fundamentada e pesquisar se ela poderá conduzir a uma aprendizagem mais significativa da Acústica no Ensino Básico.

Para operacionalizar o problema central da investigação, formularam-se algumas questões para as quais procurámos encontrar respostas, a saber:

- Que opções epistemológicas poderão fundamentar uma estratégia capaz de conduzir a uma aprendizagem mais significativa da Acústica?
- Que opções do foro psicológico poderão fundamentar uma estratégia capaz de conduzir a uma aprendizagem mais significativa da Acústica?
- Uma estratégia concebida com base nos pressupostos epistemológicos e psicológicos adoptados conduz ou não a uma aprendizagem mais significativa da Acústica no Ensino Básico?

Quanto aos objectivos da investigação e, para além, dos que estão implícitos nas questões anteriores, foram formulados os seguintes que se consideraram igualmente importantes: desenvolver trabalho que possa contribuir para a facilitação da aprendizagem significativa das Ciências Físico-Químicas, em geral, e no Ensino Básico, em particular; identificar e descrever as concepções prévias dos alunos relacionadas com o tema da Acústica; identificar potencialidades formativas da disciplina de Física em termos de educação para a cidadania e sensibilizar os alunos para a problemática da protecção do ambiente e em particular para os problemas resultantes da poluição sonora.

Optou-se por uma abordagem de investigação centrada numa metodologia simultaneamente qualitativa e quantitativa. A parte quantitativa da pesquisa consistiu num plano quasi-experimental.

O trabalho de campo centrou-se em duas turmas do 8º ano de escolaridade do 3º Ciclo do Ensino Básico, pertencentes a uma escola do Concelho de Sintra e leccionadas pela mesma professora de Física. Na turma experimental proporcionou-se um ambiente construtivista e investigativo, enquanto que na turma de controlo se adoptou uma estratégia de ensino tradicional. Na primeira turma foram organizadas actividades experimentais de modo a obrigar os alunos a reflectir sobre tudo o que iam fazendo e procurou-se respeitar os vários estilos de aprendizagem dos alunos e ajudá-los a possuírem os subsunçores necessários para irem aprendendo significativamente. Sem prejuízo do necessário apoio e reflexão individual, valorizou-se o trabalho activo em grupo, que funcionou em modo cooperativo, no maior respeito pelos requisitos inerentes à metodologia de trabalho adoptada. Na turma de controlo, a diferença residiu no facto de as aulas de Acústica terem sido intencionalmente expositivas e transmissivas, onde os alunos ouviam e escreviam o que a professora ditava ou copiavam do quadro o que a professora aí escrevia, e questionavam a professora quando precisavam de algum esclarecimento. Nesta turma não foi realizada qualquer actividade experimental.

Foram utilizados diversos instrumentos de recolha de dados, nomeadamente um pré-teste e um pós-teste, ambos relacionados com conceitos de Acústica, para além de questionários, grelhas de observação de aulas, registo em áudio das aulas de Acústica, mapas conceptuais, um Vê de Gowin sobre conteúdos de Acústica e entrevistas semi-estruturadas à professora que leccionou a Acústica.

Os resultados obtidos permitiram inferir que a estratégia preparada com base nos pressupostos epistemológicos e psicológicos encontrados conduziu a uma aprendizagem mais significativa da Acústica no contexto e nas condições em que decorreu a pesquisa.

Palavras-chave: ensino da Acústica, construtivismo, aprendizagem significativa, ambientes construtivistas e investigativos, estratégias construtivistas e investigativas, trabalho experimental.

## ABSTRACT

The present research intended to think out a strategy which was epistemologically and psychologically validated, and investigate if it could lead to a more meaningful learning of Acoustics in the Basic Level Teaching.

To operate the crucial problem of the research a few questions, whose answers we tried to find, were asked, i.e.:

- Which epistemological options can validate a strategy which will lead to a more meaningful learning of Acoustics?
- Which options in the psychological field can validate a strategy which will lead to a more meaningful learning of Acoustics?
- Does a strategy based on the epistemological and psychological presuppositions we have adopted lead or not to a more meaningful learning of Acoustics in the Basic Level Teaching?

As to the objectives of this research, and besides the ones belonging to the previous questions, the following ones, which were considered important too, were formulated: to develop work which can contribute to facilitate the meaningful learning of Physical and Chemical in general, and in the Basic Level Teaching, in particular; to identify and describe the preliminary conceptions of the students related to the subject of Acoustics; to identify the formative potentialities of the subject of Physics in terms of education for citizenship; and to sensitise the students to the problem of protecting the environment and, in particular, to the problems caused by sound pollution.

We chose a research approach centred on a methodology which was qualitative and quantitative alike. The quantitative section of the research consisted of a quasi-experimental plan.

The field work centred on two classes of the eighth form of the third Cycle of the Basic Level Teaching, belonging to a school in the council of Sintra, and which were taught by the same Physics teacher. In the experiment class a constructive and researching environment was created, while in the control class a traditional teaching strategy was adopted. In the former experimental activities were provided to make the students reflect on everything they were doing, and we tried to respect their different learning styles and help them get the subsumers necessary for their meaningful learning. Without sacrificing the necessary support and individual reflection, active team work was valued, and it worked in a cooperative way, highly respecting the requirements of the working methodology which had been chosen. In the control class, the difference lay in the fact that the Acoustics lessons had been made expositive and transmissive on purpose, in which the students listened to and wrote down what the teacher dictated, or transcribed from the board what the teacher was writing there, and questioned the teacher when they needed any explanation. No experimental activity took place in this class.

Different instruments for collecting data were used, namely a pre-test and a post-test, both related to the concept of Acoustics, besides questionnaires, grids of class observation, audio tapes of the Acoustics lessons, concept maps, a Gowin's Vee concerning the contents of Acoustics, and semi-structured interviews with the teacher who had taught Acoustics.

The results we got allowed us to infer that the strategy prepared on the epistemological and psychological prerequisites we had found led to a more meaningful learning of Acoustics in the context and under the conditions of the research.

**Key-words:** teaching Acoustics, constructivism, meaningful learning, constructivist and researching environments, constructivist and researching strategies, experimental work.

## RÉSUMÉ

Dans le cadre de cette recherche, nous avons voulu concevoir une stratégie pourvue de fondements épistémologiques et psychologiques et chercher à savoir si elle pourrait mener à un apprentissage plus significatif de l'Acoustique au collège.

Afin de mettre en œuvre le problème central de la recherche, nous avons formulé quelques questions auxquelles nous avons essayé de répondre, à savoir:

- Quelles options épistémologiques peuvent étayer une stratégie susceptible de mener à un apprentissage plus significatif de l'Acoustique?
- Quelles options du domaine psychologique peuvent étayer une stratégie susceptible de mener à un apprentissage plus significatif de l'Acoustique?
- Une stratégie fondée sur les présupposés épistémologiques et psychologiques adoptés mène-t-elle ou non à un apprentissage plus significatif de l'Acoustique au collège ?

Quant aux objectifs de la recherche, outre ceux que l'on retrouve implicitement dans ces questions, nous en avons formulé d'autres qui nous semblent tout aussi importants: développer un travail qui puisse contribuer à faciliter l'apprentissage significatif de la Physique-Chimie, en général, et au collège, en particulier; identifier et décrire les conceptions préalables des élèves relatives au thème de l'Acoustique; identifier des potentialités formatives de la Physique en terme d'éducation à la citoyenneté et sensibiliser les élèves à la problématique de la protection de l'environnement et, plus particulièrement, aux problèmes résultants de la pollution sonore.

Nous avons opté pour une approche de recherche axée sur une méthodologie à la fois qualitative et quantitative. La partie quantitative de la recherche a consisté en un plan quasi-expérimental.

Le travail de terrain s'est centré sur deux classes de 4<sup>ème</sup> d'un collège de Sintra, ayant le même professeur de Physique. Dans la classe expérimentale, nous avons créé une ambiance constructiviste et de recherche, tandis que dans la classe de contrôle, nous avons adopté une stratégie d'enseignement traditionnel. Dans la première classe, des activités expérimentales ont été organisées afin d'obliger les élèves à réfléchir à tout ce qu'ils faisaient. Nous nous sommes efforcés de respecter les différents styles d'apprentissage des élèves et de les aider à acquérir les subsomptions nécessaires pour apprendre de façon significative. Sans les priver de l'aide nécessaire et de la réflexion personnelle, nous avons mis l'accent sur le travail actif en groupe, qui a fonctionné en mode coopératif, dans le plus grand respect des exigences inhérentes à la méthodologie de travail adoptée. En revanche, dans la classe de contrôle, les cours d'Acoustique ont été délibérément magistraux et transmissifs: les élèves écoutaient et écrivaient ce que la professeure dictait ou bien ils copiaient ce qu'elle écrivait au tableau, et ils lui posaient des questions quand ils avaient besoin d'explications. Aucune activité expérimentale n'a été réalisée dans cette classe.

Nous avons utilisé divers instruments de collecte de données, notamment un pré-test et un post-test, portant tous deux sur les concepts d'Acoustique, ainsi que des questionnaires, des grilles d'observations de classe, un enregistrement audio des cours d'Acoustique, des cartes conceptuelles, un V de Gowin sur les contenus d'Acoustique et des entretiens semi-structurés avec la professeure d'Acoustique.

Les résultats obtenus ont permis d'inférer que notre stratégie fondée sur les présupposés épistémologiques et psychologiques trouvés a mené à un apprentissage plus significatif de l'Acoustique, compte tenu du contexte et des conditions de réalisation de la recherche.

**Mots-clés:** enseignement de l'Acoustique, constructivisme, apprentissage significatif, environnement constructiviste et de recherche, stratégies constructivistes et de recherche, travail expérimental.

## ÍNDICE GERAL

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....     | i    |
| <b>RESUMO</b> .....             | ii   |
| <b>ABSTRACT</b> .....           | iii  |
| <b>RÉSUMÉ</b> .....             | iv   |
| <b>ÍNDICE GERAL</b> .....       | v    |
| <b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....  | xv   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....  | xxi  |
| <b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> ..... | xxiv |

## VOLUME I

|                                                                                                            |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                    | 1      |
| Contextualização do estudo .....                                                                           | 1      |
| Definição do problema .....                                                                                | 9      |
| Relevância do estudo .....                                                                                 | 13     |
| Organização do estudo .....                                                                                | 18     |
| <br><b>PARTE I - ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL DO ESTUDO</b> .....                                              | <br>22 |
| <br><b>CAPÍTULO 1- PERSPECTIVA HISTÓRICA-EPISTEMOLÓGICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO</b> ..... | <br>23 |
| 1.1 A importância do construtivismo na educação científica .....                                           | 24     |
| 1.2 O construtivismo numa perspectiva histórica-epistemológica .....                                       | 26     |
| 1.2.1 Da filosofia grega à origem da Ciência Moderna .....                                                 | 28     |
| 1.2.2 O indutivismo baconiano .....                                                                        | 43     |
| 1.2.3 O empirismo versus racionalismo .....                                                                | 46     |
| 1.2.4 Kant e os problemas do conhecimento .....                                                            | 69     |
| 1.2.4.1 O apriorismo de Kant .....                                                                         | 69     |
| 1.2.4.2 O criticismo de Kant .....                                                                         | 70     |
| 1.2.4.3 O fenomenalismo de Kant .....                                                                      | 73     |
| 1.2.5 O idealismo lógico .....                                                                             | 75     |
| 1.2.6 O positivismo .....                                                                                  | 78     |
| 1.2.7 O empiriocriticismo: posição extrema do positivismo do século XIX .....                              | 83     |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.2.8 O utilitarismo: o “empirismo” do século XIX .....                                            | 85  |
| 1.2.9 O pragmatismo: pensamento filosófico da segunda metade do século XIX ..                      | 87  |
| 1.3 Uma nova concepção científica no século XX .....                                               | 90  |
| 1.3.1 O “Círculo de Viena” e a herança do positivismo .....                                        | 91  |
| 1.4 O construtivismo .....                                                                         | 99  |
| 1.4.1 A epistemologia de Popper .....                                                              | 99  |
| 1.4.1.1 A lógica do desenvolvimento do conhecimento científico de Popper .                         | 99  |
| 1.4.1.2 O racionalismo crítico .....                                                               | 103 |
| 1.4.1.3 O realismo crítico .....                                                                   | 104 |
| 1.4.1.4 A evolução da ciência popperiana .....                                                     | 105 |
| 1.4.2 A epistemologia de Lakatos: os programas de investigação científica .....                    | 107 |
| 1.4.3 A estrutura de produção científica: ciência normal e ciência revolucionária<br>de Kuhn ..... | 112 |
| 1.4.4 A epistemologia de Bachelard .....                                                           | 119 |
| 1.4.5 Diversas formas de encarar o construtivismo .....                                            | 126 |
| 1.5 Reflexão final do capítulo 1 .....                                                             | 137 |
| <br>CAPÍTULO 2- A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NUMA PERSPECTIVA<br>PSICOLÓGICA .....                 | 140 |
| 2.1 Breve introdução histórica .....                                                               | 140 |
| 2.2 O behaviorismo .....                                                                           | 145 |
| 2.2.1 O behaviorismo clássico .....                                                                | 145 |
| 2.2.2 O neobehaviorismo de Skinner .....                                                           | 146 |
| 2.3 Cognitivismo/Construtivismo .....                                                              | 149 |
| 2.3.1 O construtivismo de Bruner .....                                                             | 149 |
| 2.3.2 A teoria construtivista de Piaget .....                                                      | 153 |
| 2.3.2.1 Algumas críticas à teoria de Piaget .....                                                  | 157 |
| 2.3.2.2 Relação entre alguns aspectos da teoria de Piaget e da teoria de<br>Ausubel .....          | 158 |
| 2.3.3 O construtivismo de Vygotsky .....                                                           | 160 |
| 2.3.3.1 Comparação da teoria de Vygotsky com a teoria de Ausubel .....                             | 165 |
| 2.4 Os construtos pessoais de Kelly .....                                                          | 166 |
| 2.5 O construtivismo de Ausubel e o construtivismo humano de Novak .....                           | 169 |
| 2.5.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa .....                              | 173 |
| 2.5.2 Aprendizagem significativa versus aprendizagem mecânica .....                                | 177 |
| 2.5.3 Aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção .....                                | 181 |



|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5.4 Formas de aprendizagem significativa .....                                | 184 |
| 2.5.5 Teoria de assimilação da aprendizagem de Ausubel .....                    | 186 |
| 2.5.6 Facilitação da aprendizagem significativa: estratégias e princípios ..... | 187 |
| 2.5.6.1 Organizadores avançados (prévios) .....                                 | 188 |
| 2.5.6.2 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora .....             | 190 |
| 2.5.6.3 Organização sequencial e consolidação .....                             | 193 |
| 2.6 A teoria de Gowin .....                                                     | 195 |
| 2.7 Reflexão final do capítulo 2 .....                                          | 197 |

### CAPÍTULO 3- O CONSTRUTIVISMO ENCARADO NUMA PERSPECTIVA EDUCATIVA: OS AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS E INVESTIGATIVOS EM SALA DE AULA .....

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| DE AULA .....                                                               | 200 |
| 3.1 O desafio do construtivismo numa perspectiva educativa .....            | 200 |
| 3.2 Ambiente construtivista e investigativo .....                           | 204 |
| 3.2.1 A relação interpessoal .....                                          | 212 |
| 3.2.1.1 Estrutura da integração .....                                       | 213 |
| 3.2.1.2 Determinantes da relação .....                                      | 215 |
| A- Estatutos e papéis do docente e do aluno .....                           | 215 |
| B- Percepções/representações e expectativas .....                           | 217 |
| 3.2.1.3 O funcionamento da relação .....                                    | 223 |
| A- A comunicação entre o docente e o aluno .....                            | 223 |
| 3.2.1.4 Uma visão da relação educativa .....                                | 228 |
| 3.2.2 Trabalho cooperativo .....                                            | 231 |
| 3.2.2.1 A perspectiva histórica do uso prático do trabalho cooperativo..... | 231 |
| 3.2.2.2 Perspectivas teóricas subjacentes ao trabalho cooperativo .....     | 234 |
| 3.2.2.3 A prática do trabalho cooperativo .....                             | 238 |
| A- O trabalho de grupo tradicional e o trabalho cooperativo .....           | 240 |
| 3.2.2.4 Caracterização do trabalho cooperativo .....                        | 242 |
| A- Elementos essenciais do trabalho cooperativo .....                       | 242 |
| 3.2.2.5 Abordagens dos modelos de trabalho cooperativo .....                | 252 |
| A- Aprendendo Juntos e Sós .....                                            | 253 |
| B- Investigando em Grupo .....                                              | 257 |
| C- Controvérsia Estruturada .....                                           | 259 |
| D- Jigsaw .....                                                             | 259 |
| E- Aprendizagem em Equipas de Alunos .....                                  | 261 |
| E1- Jigsaw II .....                                                         | 261 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E2- STAD e TGT .....                                                                     | 262 |
| E3- TAI e CIRC .....                                                                     | 265 |
| 3.2.3 Avaliação das aprendizagens dos alunos .....                                       | 271 |
| 3.2.3.1 Algumas considerações gerais sobre a avaliação escolar .....                     | 271 |
| 3.2.3.2 Avaliação sumativa .....                                                         | 279 |
| 3.2.3.3 Avaliação formativa .....                                                        | 282 |
| A- Características gerais .....                                                          | 282 |
| B- A prática da avaliação formativa .....                                                | 286 |
| C- Dificuldades/obstáculos à implementação da avaliação formativa .....                  | 288 |
| 3.2.3.4 Avaliação formadora .....                                                        | 296 |
| 3.2.4 Instrumentos metacognitivos .....                                                  | 300 |
| 3.3 Reflexão final do capítulo 3 .....                                                   | 306 |
| <br>CAPÍTULO 4- PERSPECTIVAS DE ENSINO: CARACTERIZAÇÃO E EVOLUÇÃO ...                    | 309 |
| 4.1 Uma antiga intenção de renovação do ensino das ciências: ensino por descoberta ..... | 310 |
| 4.2 A natureza das concepções dos alunos .....                                           | 316 |
| 4.3 Características gerais das concepções alternativas dos alunos .....                  | 319 |
| 4.3.1 Origem das concepções alternativas dos alunos .....                                | 321 |
| 4.4 Modelos de mudança conceptual .....                                                  | 329 |
| 4.4.1 Críticas ao modelo de mudança conceptual .....                                     | 338 |
| 4.5 O período pós-mudança conceptual .....                                               | 340 |
| 4.6 O movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade .....                                       | 347 |
| 4.6.1 O significado do ensino do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade .....            | 347 |
| 4.6.2 Abordagens da perspectiva CTS .....                                                | 353 |
| 4.6.3 O papel do professor .....                                                         | 358 |
| 4.6.4 Os conteúdos CTS .....                                                             | 360 |
| 4.6.5 O ensino CTS numa perspectiva construtivista do ensino das ciências .....          | 363 |
| 4.7 Reflexão final do capítulo 4 .....                                                   | 366 |
| <br>CAPÍTULO 5- A ÁREA TEMÁTICA DA ACÚSTICA .....                                        | 369 |
| 5.1 O Som nos programas curriculares portugueses .....                                   | 370 |
| 5.1.1 Um breve olhar pela reorganização do Ensino Básico .....                           | 370 |
| 5.1.2 O som e os programas actuais .....                                                 | 373 |
| 5.1.2.1 O som no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico .....                             | 373 |
| 5.1.2.2 O som no programa do 2º Ciclo do Ensino Básico .....                             | 382 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.2.3 O som no programa do 3º Ciclo do Ensino Básico .....                                        | 383 |
| 5.1.2.4 O som no programa do Ensino Secundário .....                                                | 393 |
| 5.2 As concepções alternativas dos alunos acerca da temática do som .....                           | 396 |
| 5.2.1 Produção do som .....                                                                         | 397 |
| 5.2.2 Natureza/Propagação do som .....                                                              | 401 |
| 5.2.3 Papel do meio na propagação .....                                                             | 405 |
| 5.2.4 Velocidade de propagação .....                                                                | 408 |
| 5.2.5 Fenómenos sonoros .....                                                                       | 412 |
| 5.2.6 Propriedades do som e características das ondas .....                                         | 414 |
| 5.2.6.1 Algumas considerações científicas a ter em conta no ensino das<br>propriedades do som ..... | 417 |
| 5.2.6.2 Grandezas associadas à equação das ondas .....                                              | 419 |
| 5.2.7 Audição de sons .....                                                                         | 420 |
| 5.3 Alguns estudos realizados no âmbito da poluição sonora/contaminações<br>acústicas .....         | 424 |
| 5.4 Síntese das concepções alternativas dos alunos do Ensino Básico .....                           | 426 |

## VOLUME II

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| PARTE II – ESTUDO EMPÍRICO .....                                                             | 428 |
| CAPÍTULO 6- A METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO .....                                              | 429 |
| 6.1 Fundamentação teórica .....                                                              | 429 |
| 6.1.1 Considerações gerais .....                                                             | 429 |
| 6.1.2 Paradigma quantitativo e paradigma qualitativo .....                                   | 431 |
| 6.1.3 Características dos métodos qualitativos .....                                         | 434 |
| 6.1.3.1 Obstáculos que surgem na utilização dos métodos qualitativos . ....                  | 436 |
| 6.1.4 Características dos métodos quantitativos .....                                        | 438 |
| 6.1.4.1 Investigação experimental: plano quasi-experimental .....                            | 438 |
| 6.1.5 Combinação dos métodos quantitativos e qualitativos .....                              | 444 |
| 6.1.6. Tratamento dos dados .....                                                            | 446 |
| 6.1.6.1 A análise de conteúdo como suporte fundamental da investigação<br>qualitativa .....  | 446 |
| 6.1.6.2 A análise estatística como suporte fundamental da investigação<br>quantitativa ..... | 450 |

|                                                                                                                |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>6.2 Amostragem .....</b>                                                                                    | <b>450</b>     |
| 6.2.1 Sujeitos de investigação .....                                                                           | 452            |
| 6.2.1.1 Caracterização das turmas .....                                                                        | 452            |
| 6.2.2 A identidade da escola .....                                                                             | 474            |
| <b>6.3 Instrumentos utilizados .....</b>                                                                       | <b>480</b>     |
| 6.3.1 Inquérito por questionário e entrevista .....                                                            | 480            |
| 6.3.1.1 Questionários .....                                                                                    | 480            |
| 6.3.1.2 Entrevista .....                                                                                       | 488            |
| 6.3.2 Observação distanciada e directa .....                                                                   | 495            |
| 6.3.2.1 Grelhas de observação naturalista em sala de aula .....                                                | 498            |
| 6.3.3 Protocolos experimentais .....                                                                           | 501            |
| 6.3.4 Instrumentos metacognitivos: mapa conceptual e Vê de Gowin .....                                         | 511            |
| 6.3.5 Pré-teste .....                                                                                          | 516            |
| 6.3.6 Pós-teste .....                                                                                          | 517            |
| <b>6.4 Preparação prévia do trabalho de campo .....</b>                                                        | <b>519</b>     |
| 6.4.1 Contactos da pesquisadora com a professora que leccionou a Acústica e<br>com a observadora externa ..... | 519            |
| 6.4.2 Preparação da actividade cooperativa .....                                                               | 520            |
| 6.4.2.1 Critérios de constituição de grupos na turma experimental .....                                        | 520            |
| 6.4.2.2 Construção da equipa cooperativa .....                                                                 | 521            |
| 6.4.2.3 O controlo da interferência do investigador e da observadora<br>externa .....                          | 525            |
| <br><b>CAPÍTULO 7- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS OBTIDOS .....</b>                                    | <br><b>527</b> |
| 7.1 Análise do questionário: Auto-avaliação dos alunos sobre as actividades<br>realizadas .....                | 528            |
| 7.2 Análise dos resultados da avaliação do trabalho em grupo .....                                             | 573            |
| 7.3 Análise dos resultados do pré-teste .....                                                                  | 576            |
| 7.3.1 Análise descritiva dos resultados .....                                                                  | 576            |
| 7.3.2 Análise quantitativa global dos resultados .....                                                         | 627            |
| 7.3.3 Conclusão .....                                                                                          | 634            |
| 7.4 Análise dos resultados do pós-teste .....                                                                  | 635            |
| 7.4.1 Análise descritiva dos resultados .....                                                                  | 636            |
| 7.4.2 Análise quantitativa global dos resultados .....                                                         | 693            |
| 7.4.3 Estudo da fiabilidade dos resultados na aplicação do pós-teste .....                                     | 701            |
| 7.4.4 Aplicação de um teste estatístico: teste de Mann-Whitney .....                                           | 703            |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.4.5 Conclusão .....                                                                                                                            | 705 |
| 7.5 Comparação das notas obtidas nos itens de Acústica no pré-teste e no pós-teste dos alunos da turma experimental e na turma de controlo ..... | 705 |
| 7.6 Análise dos resultados da observação visual em sala de aula .....                                                                            | 707 |
| 7.6.1 Turma experimental .....                                                                                                                   | 707 |
| 7.6.1.1 Processamento do trabalho nos grupos cooperativos .....                                                                                  | 707 |
| 7.6.1.2 Exploração dos conteúdos de Acústica em sala de aula .....                                                                               | 711 |
| 7.6.2 Turma de controlo .....                                                                                                                    | 716 |
| 7.2.2.1 Exploração dos conteúdos de Acústica em sala de aula .....                                                                               | 716 |
| 7.6.3 Conclusão .....                                                                                                                            | 720 |
| 7.7 Análise dos resultados da entrevista à professora que leccionou a Acústica ..                                                                | 721 |
| 7.7.1 Situação profissional, académica e formação da professora .....                                                                            | 721 |
| 7.7.2 Ponto de vista sobre a natureza da ciência .....                                                                                           | 724 |
| 7.7.3 Ambientes construtivistas .....                                                                                                            | 731 |
| 7.7.3.1 Actividade cooperativa .....                                                                                                             | 731 |
| 7.7.3.2 Instrumentos metacognitivos .....                                                                                                        | 733 |
| 7.7.3.3 Novas tecnologias .....                                                                                                                  | 735 |
| 7.7.3.4 Avaliação .....                                                                                                                          | 737 |
| 7.7.4 Ensino da Acústica .....                                                                                                                   | 740 |
| 7.8 Análise dos resultados dos instrumentos metacognitivos .....                                                                                 | 747 |
| 7.8.1 Mapas conceptuais .....                                                                                                                    | 747 |
| 7.8.1.1 Antes da leccionação da Acústica .....                                                                                                   | 752 |
| 7.8.1.2 Durante a leccionação da Acústica .....                                                                                                  | 754 |
| A- Grupo “As Mentes Químicas” .....                                                                                                              | 755 |
| B- Conclusão da análise dos mapas progressivos construídos durante a leccionação da Acústica .....                                               | 759 |
| 7.8.1.3 Após a leccionação da Acústica .....                                                                                                     | 761 |
| 7.8.1.4 Comparação de mapas construídos pelos alunos antes e após a leccionação da Acústica .....                                                | 762 |
| A- Turma experimental .....                                                                                                                      | 762 |
| B- Turma de controlo .....                                                                                                                       | 770 |
| C- Conclusão dos mapas conceptuais construídos pelos alunos .....                                                                                | 772 |
| 7.8.1.5 Conclusão geral da utilização dos mapas conceptuais como estratégia de ensino .....                                                      | 772 |
| 7.8.2 Vê de Gowin .....                                                                                                                          | 776 |
| 7.8.2.1 Conclusão .....                                                                                                                          | 784 |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES, LIMITAÇÕES, SUGESTÕES, RECOMENDAÇÕES</b> | <b>785</b> |
| Conclusões e implicações educacionais .....                          | 785        |
| Limitações do estudo .....                                           | 792        |
| Sugestões para eventuais investigações e recomendações .....         | 793        |
| A terminar .....                                                     | 796        |
| <br>BIBLIOGRAFIA.....                                                | <br>798    |
| A- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                  | 798        |
| B- AUTORES CONSULTADOS MAS NÃO REFERENCIADOS NA TESE .....           | 834        |

### VOLUME III

|                                                                                      |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| ANEXOS .....                                                                         | 847     |
| ANEXO I – Notas dos capítulos .....                                                  | 848     |
| Capítulo 1 .....                                                                     | 849     |
| Capítulo 3 .....                                                                     | 911     |
| Capítulo 4 .....                                                                     | 915     |
| Capítulo 5 .....                                                                     | 919     |
| <br>ANEXO II - Capítulo 6 .....                                                      | <br>924 |
| Questionário “Ajuda-me a conhecer-te” .....                                          | 925     |
| Caracterização socioeconómica .....                                                  | 928     |
| Questionário “Avaliação do desempenho individual do trabalho de grupo” .....         | 929     |
| Questionário “Avaliação das actividades realizadas nas aulas de Acústica” .....      | 930     |
| Questionário “Avaliação do desempenho global do trabalho de grupo cooperativo” ..... | 938     |
| Guião da entrevista à professora da turma experimental e da de controlo .....        | 939     |
| Guião da entrevista ao Professor Doutor Pedro Martins da Silva .....                 | 943     |
| Grelhas de observação sobre o funcionamento do trabalho de grupo cooperativo .....   | 944     |
| Algumas Orientações Curriculares da área de Ciências Físicas e Naturais .....        | 945     |
| Protocolos experimentais utilizados na turma experimental .....                      | 949     |
| Indicações sobre a construção de mapas conceptuais .....                             | 988     |
| Mapa conceptual sobre alguns conceitos de óptica .....                               | 989     |
| Vê de Gowin .....                                                                    | 990     |
| Objectivos gerais e objectivos específicos das questões do pré-teste .....           | 991     |
| Itens do pré-teste .....                                                             | 995     |

|                                                                                                                |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Carta de validação do pré-teste .....                                                                          | 996      |
| Enunciado do pré-teste .....                                                                                   | 997      |
| Informações gerais acerca do preenchimento do pré-teste .....                                                  | 1004     |
| Hipóteses de respostas cientificamente aceites do pré-teste .....                                              | 1005     |
| Objectivos gerais e objectivos específicos das questões do pós-teste .....                                     | 1007     |
| Itens do pós-teste .....                                                                                       | 1011     |
| Comparação do número de questões e pontuações do pré-teste com as do pós-teste .....                           | 1012     |
| Carta de validação do pós-teste .....                                                                          | 1013     |
| Enunciado do pós-teste .....                                                                                   | 1014     |
| Hipóteses de respostas cientificamente aceites do pós-teste .....                                              | 1021     |
| Construção da equipa cooperativa .....                                                                         | 1023     |
| Orientações para o trabalho cooperativo em grupos .....                                                        | 1027     |
| Atribuições de funções no grupo cooperativo .....                                                              | 1028     |
| Solução da actividade “A sobrevivência na Lua” .....                                                           | 1029     |
| <br>ANEXO III - Capítulo 7 .....                                                                               | <br>1030 |
| Análise das respostas dos alunos ao questionário “Auto-avaliação das actividades desenvolvidas” .....          | 1031     |
| Análise dos gráficos relacionados com a actividade cooperativa .....                                           | 1056     |
| Análise das respostas dos alunos à avaliação do trabalho em grupo .....                                        | 1062     |
| Avaliação global dos alunos por cada questão dos subtemas da Acústica da turma experimental no pós-teste ..... | 1065     |
| Avaliação global dos alunos por cada questão dos subtemas da Acústica da turma de controlo no pós-teste .....  | 1066     |
| Classificações obtidas nos diferentes subtemas abordados nas aulas de Acústica .....                           | 1067     |
| Determinação do Coeficiente de Cronbach .....                                                                  | 1070     |
| Teste Mann-Whitney e outras informações estatísticas determinadas no programa SPSS .....                       | 1075     |
| Processamento do trabalho nos grupos cooperativos .....                                                        | 1080     |
| Grelha de observação visual das aulas de Acústica .....                                                        | 1104     |
| Registos de observação das aulas da turma experimental .....                                                   | 1105     |
| Registos de observação das aulas da turma de controlo .....                                                    | 1118     |
| Transcrição da entrevista realizada à professora que leccionou a Acústica .....                                | 1131     |
| Grelhas de análise do conteúdo da entrevista à professora que leccionou a Acústica ..                          | 1145     |
| Mapas conceptuais construídos pelos alunos da turma experimental antes da leccionação da Acústica .....        | 1177     |

|                                                                                                        |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Mapas conceptuais construídos pelos alunos da turma de controlo antes da leccionação da Acústica ..... | 1186 |
| Mapas conceptuais progressivos construídos pelos alunos nos grupos cooperativos ...                    | 1194 |
| Mapas conceptuais construídos pelos alunos da turma experimental após a leccionação da Acústica .....  | 1229 |
| Mapas conceptuais construídos pelos alunos da turma de controlo após a leccionação da Acústica .....   | 1239 |
| Análise do Vê de Gowin construído pelos alunos nos grupos cooperativos .....                           | 1247 |



## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                                                   |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Quadro 1-</b> Os problemas fundamentais acerca do conhecimento (adaptado de Soares e Valadares, 2004) .....                                    | 139     |
| Quadro 2- Síntese das principais teorias da aprendizagem .....                                                                                    | 198     |
| Quadro 3- Comparação entre a prática tradicional e a prática recomendada no ensino da ciência (Baird, 1995, p. 3) .....                           | 211     |
| Quadro 4- Diferenças entre grupos de trabalho cooperativo e grupos de trabalho tradicional (Johnson, Johnson, 1989, 1994, p. 4:6) .....           | 242     |
| Quadro 5- Dimensões do trabalho cooperativo nos seus diversos métodos (Bessa e Fontaine, 2002, p. 75) .....                                       | 269     |
| Quadro 6- Avaliação dos métodos de abordagem cooperativa (adaptado de Johnson, Johnson e Stanne, 2000, p. 10) .....                               | 270     |
| Quadro 7- Avaliação como meio de regulação no seio de um sistema de formação, (Allal, 1986, p. 176) .....                                         | 283     |
| Quadro 8- Características da avaliação formativa e sumativa .....                                                                                 | 286     |
| Quadro 9- Perspectivas de ensino das ciências e características dominantes .....                                                                  | 366     |
| Quadro 10- Conteúdos obrigatórios referentes à temática do som no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico .....                                     | 377     |
| Quadro 11- Conteúdos obrigatórios da temática do som da disciplina de Educação Musical do 2º Ciclo do Ensino Básico .....                         | 383     |
| Quadro 12- Conteúdos da temática do som nas Orientações Curriculares da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º Ciclo do Ensino Básico ..... | 388     |
| Quadro 13- Conteúdos obrigatórios do tema som presente nas Orientações Curriculares disciplinares do Ensino Básico .....                          | 393     |
| Quadro 14- Estudos efectuados sobre o som .....                                                                                                   | 397     |
| Quadro 15- Principais concepções e dificuldades identificadas nos alunos acerca da área da temática da Acústica .....                             | 426-427 |
| Quadro 16- Características dos paradigmas qualitativo e quantitativo (Reichardt e Cook, 1986, p. 29) .....                                        | 432     |
| Quadro 17- Níveis obtidos pelos alunos no final do 7º ano, à disciplina de Ciências Físico-Químicas .....                                         | 453     |
| Quadro 18- Idade dos alunos .....                                                                                                                 | 454     |
| Quadro 19- Sexo dos alunos .....                                                                                                                  | 454     |
| Quadro 20- Composição do agregado familiar .....                                                                                                  | 455     |
| Quadro 21- Número de irmãos por aluno .....                                                                                                       | 455     |

|                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Quadro 22- Habilitações académicas do agregado familiar.....</b>                                                                                                                                                                | <b>456</b> |
| Quadro 23- Caracterização socioeconómica das turmas .....                                                                                                                                                                          | 457        |
| Quadro 24- Atributos que os professores mais apreciam nos alunos .....                                                                                                                                                             | 464        |
| Quadro 25- Atributos que os alunos mais apreciam nos professores .....                                                                                                                                                             | 465        |
| Quadro 26- Razões de participação dos alunos na sala de aula .....                                                                                                                                                                 | 467        |
| Quadro 27- Apoio aos alunos .....                                                                                                                                                                                                  | 469        |
| Quadro 28- Constituição dos departamentos curriculares da escola no ano lectivo de<br>2004/2005 .....                                                                                                                              | 479        |
| Quadro 29- Questões abertas e questões fechadas: vantagens e desvantagens .....                                                                                                                                                    | 482        |
| Quadro 30- Objectivos gerais do questionário: avaliação das actividades realizadas<br>nas aulas de Acústica .....                                                                                                                  | 486        |
| Quadro 31- Instrumentos e momentos de aplicação no trabalho empírico .....                                                                                                                                                         | 487        |
| Quadro 32- Objectivos educativos e funções das TIC a desenvolver na formação dos<br>alunos (Pedrajas 2005a, p. 4) .....                                                                                                            | 510        |
| Quadro 33- Respostas dos grupos de trabalho sobre aquilo que gostam e o que não<br>gostam .....                                                                                                                                    | 523        |
| Quadro 34- Razões atribuídas pelos alunos de que aprendem mais trabalhando em<br>grupo .....                                                                                                                                       | 530        |
| Quadro 35- Razões dos alunos pelas quais aprendem mais trabalhando sozinhos.....                                                                                                                                                   | 531        |
| Quadro 36- Vantagens de pensar em conjunto com os colegas de grupo .....                                                                                                                                                           | 532        |
| Quadro 37- Motivos pelos quais os alunos não gostaram de participar na<br>experiência/motivos pelos quais os estudantes não gostaram de<br>trabalhar com os colegas de grupo/aspectos negativos do<br>funcionamento do grupo ..... | 534        |
| Quadro 38- Motivos pelos quais os alunos gostaram de participar na<br>experiência/motivos pelos quais os estudantes gostaram de trabalhar<br>com os colegas de grupo/aspectos positivos do funcionamento do grupo                  | 535        |
| Quadro 39- Posição favorável dos alunos sobre se a temática da Acústica<br>contribuiu para o trabalho em grupo .....                                                                                                               | 537        |
| Quadro 40- Posição desfavorável dos alunos sobre se a temática da Acústica<br>contribuiu para o trabalho em grupo .....                                                                                                            | 538        |
| Quadro 41- Vantagens do trabalho em grupo .....                                                                                                                                                                                    | 539        |
| Quadro 42- Vantagens do trabalho em conjunto com toda a turma .....                                                                                                                                                                | 540        |
| Quadro 43- Vantagens de trabalhar de novo em grupo .....                                                                                                                                                                           | 541        |
| Quadro 44- Desvantagens de trabalhar de novo em grupo .....                                                                                                                                                                        | 541        |
| Quadro 45- No trabalho de grupo tenho de me esforçar por ....                                                                                                                                                                      | 542        |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 46-</b> Respostas dos alunos sobre as diferenças encontradas nos mapas conceptuais .....                                                           | 559 |
| Quadro 47- Disciplinas onde se podem utilizar os mapas conceptuais .....                                                                                     | 564 |
| Quadro 48- Respostas à questão sobre o conceito de som .....                                                                                                 | 578 |
| Quadro 49- Avaliação das respostas à questão sobre a descrição do som .....                                                                                  | 580 |
| Quadro 50- Exemplos de respostas correctas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som .....            | 581 |
| Quadro 51- Exemplos de respostas parcialmente certas/respostas pobres dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som ..... | 582 |
| Quadro 52- Classificação de instrumentos musicais .....                                                                                                      | 583 |
| Quadro 53- Princípio de funcionamento dos instrumentos musicais .....                                                                                        | 585 |
| Quadro 54- Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras .....                                                                                         | 585 |
| Quadro 55- Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras .....                                                                                         | 586 |
| Quadro 56- Conceito de onda .....                                                                                                                            | 589 |
| Quadro 57- Avaliação das respostas à questão sobre o conceito de onda .....                                                                                  | 590 |
| Quadro 58- Exemplos de respostas certas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o conceito de onda .....               | 591 |
| Quadro 59- Exemplos de respostas totalmente erradas/não responde dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o conceito de onda .....      | 591 |
| Quadro 60- Respostas à questão sobre a velocidade de propagação do som .....                                                                                 | 592 |
| Quadro 61- Respostas à questão sobre o fenómeno da trovoadas .....                                                                                           | 595 |
| Quadro 62- Avaliação das respostas à questão sobre o fenómeno da trovoadas ..                                                                                | 596 |
| Quadro 63- Exemplos de respostas certas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o fenómeno da trovoadas .....          | 597 |
| Quadro 64- Exemplos de respostas totalmente erradas/não responde dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o fenómeno da trovoadas ..... | 598 |
| Quadro 65- Respostas à questão sobre a equação da velocidade do som .....                                                                                    | 599 |
| Quadro 66- Respostas à questão sobre a equação da velocidade da onda sonora ....                                                                             | 600 |
| Quadro 67- Exemplos de respostas à questão sobre o significado do comprimento de onda .....                                                                  | 601 |
| Quadro 68- Respostas à questão sobre a frequência da onda .....                                                                                              | 602 |
| Quadro 69- Respostas à questão sobre a identificação dos fenómenos sonoros .....                                                                             | 603 |
| Quadro 70- Respostas à questão 10 do pré-teste .....                                                                                                         | 608 |
| Quadro 71- Respostas à questão sobre o cálculo do eco .....                                                                                                  | 609 |

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 72-</b> Respostas à questão sobre os fenómenos sonar e ecografia .....                                                                          | 611 |
| Quadro 73- Respostas à questão sobre as características das ondas .....                                                                                   | 612 |
| Quadro 74- Respostas à questão sobre a comparação das características dos sons .                                                                          | 613 |
| Quadro 75- Respostas à questão sobre a altura do som .....                                                                                                | 614 |
| Quadro 76- Respostas à questão sobre o timbre .....                                                                                                       | 615 |
| Quadro 77- Associações correctas (por aluno) estabelecidas na questão sobre o<br>ouvido humano .....                                                      | 617 |
| Quadro 78- Respostas à questão sobre sons audíveis e sons não audíveis .....                                                                              | 620 |
| Quadro 79- Respostas à questão sobre o som mais grave de entre sons audíveis .....                                                                        | 621 |
| Quadro 80- Respostas à questão sobre audiogramas .....                                                                                                    | 622 |
| Quadro 81- Respostas à questão 18.2 do pré-teste .....                                                                                                    | 623 |
| Quadro 82- Respostas à questão sobre a comparação de audiogramas .....                                                                                    | 624 |
| Quadro 83- Respostas à questão sobre a exposição a ruídos .....                                                                                           | 626 |
| Quadro 84- Número de questões do pré-teste e respectivas classificações .....                                                                             | 628 |
| Quadro 85- Avaliação do tipo de respostas à questão 1.1 do pré-teste .....                                                                                | 628 |
| Quadro 86- Avaliação do tipo de respostas à questão 4 do pré-teste .....                                                                                  | 630 |
| Quadro 87- Avaliação do tipo de respostas à questão 6.1 do pré-teste .....                                                                                | 630 |
| Quadro 88- Avaliação das justificações das respostas dadas à questão 18.3 do pré-<br>teste .....                                                          | 631 |
| Quadro 89- Classificações obtidas no pré-teste na turma experimental .....                                                                                | 632 |
| Quadro 90- Classificações obtidas no pré-teste na turma de controlo .....                                                                                 | 633 |
| Quadro 91- Principais concepções e dificuldades identificadas nos alunos das turmas<br>experimental e de controlo .....                                   | 635 |
| Quadro 92- Conceito de som .....                                                                                                                          | 639 |
| Quadro 93- Avaliação das respostas sobre a descrição do som .....                                                                                         | 640 |
| Quadro 94- Exemplos de respostas correctas mas incompletas dos alunos da turma<br>experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som .....      | 642 |
| Quadro 95- Exemplos de respostas parcialmente certas/respostas pobres dos alunos<br>da turma experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som | 642 |
| Quadro 96- Classificação dos instrumentos musicais .....                                                                                                  | 644 |
| Quadro 97- Origem principal do som emitido por um violoncelo .....                                                                                        | 645 |
| Quadro 98- Origem principal do som emitido por uma gaita-de-foles .....                                                                                   | 646 |
| Quadro 99- Origem principal do som emitido por um tambor .....                                                                                            | 648 |
| Quadro 100- Fontes sonoras .....                                                                                                                          | 649 |
| Quadro 101- Respostas dadas pelos alunos identificando a fonte sonora A .....                                                                             | 650 |
| Quadro 102- Respostas dadas pelos alunos identificando a fonte sonora B .....                                                                             | 650 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 103-</b> Respostas dadas pelos alunos identificando a fonte sonora C .....                                                | 651 |
| Quadro 104- Conceito de onda .....                                                                                                  | 651 |
| Quadro 105- Velocidade do som .....                                                                                                 | 653 |
| Quadro 106- Ausência de meio físico .....                                                                                           | 654 |
| Quadro 107- Propagação do som e propagação da luz .....                                                                             | 656 |
| Quadro 108- Cálculo da velocidade do som .....                                                                                      | 657 |
| Quadro 109- Comprimento de onda .....                                                                                               | 659 |
| Quadro 110- Frequência das ondas .....                                                                                              | 660 |
| Quadro 111- Equação da velocidade das ondas .....                                                                                   | 662 |
| Quadro 112- Difracção .....                                                                                                         | 663 |
| Quadro 113- Ressonância .....                                                                                                       | 665 |
| Quadro 114- Eco .....                                                                                                               | 666 |
| Quadro 115- Eco e reverberação .....                                                                                                | 668 |
| Quadro 116- Reflexão .....                                                                                                          | 669 |
| Quadro 117- Período e frequência da onda sonora .....                                                                               | 671 |
| Quadro 118- Amplitude da onda sonora .....                                                                                          | 672 |
| Quadro 119- Onda sonora que corresponde o som mais grave .....                                                                      | 673 |
| Quadro 120- Avaliação da justificação da selecção da onda sonora correspondente<br>ao som mais grave .....                          | 674 |
| Quadro 121- Exemplos de justificações certas mas incompletas da selecção da onda<br>sonora D correspondente ao som mais grave ..... | 676 |
| Quadro 122- Exemplos de justificações parcialmente certas/justificações pobres<br>correspondentes ao som mais grave .....           | 676 |
| Quadro 123- Exemplos de justificações totalmente erradas/não respondem<br>correspondentes ao som mais grave .....                   | 677 |
| Quadro 124- Onda sonora que corresponde o som mais forte .....                                                                      | 677 |
| Quadro 125- Onda sonora que corresponde o som mais forte .....                                                                      | 678 |
| Quadro 126- Exemplos de justificações parcialmente certas/justificações pobres<br>correspondentes ao som mais forte .....           | 679 |
| Quadro 127- Exemplos de justificações totalmente erradas/não respondem<br>correspondentes ao som mais forte .....                   | 680 |
| Quadro 128- Intensidade do som .....                                                                                                | 681 |
| Quadro 129- Timbre do som .....                                                                                                     | 682 |
| Quadro 130- Constituição do ouvido humano .....                                                                                     | 684 |
| Quadro 131- Espectro sonoro .....                                                                                                   | 686 |
| Quadro 132- Audição do som mais agudo .....                                                                                         | 687 |

|                                                                                                                                       |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Quadro 133-</b> Mínimo de intensidade sonora .....                                                                                 | 688     |
| Quadro 134- Exemplos de respostas sobre o nível mínimo de intensidade sonora .....                                                    | 689     |
| Quadro 135- Mínimo de intensidade sonora .....                                                                                        | 689     |
| Quadro 136- Audiogramas .....                                                                                                         | 691     |
| Quadro 137- Poluição sonora .....                                                                                                     | 692     |
| Quadro 138- Número de questões do pós-teste e respectivas classificações .....                                                        | 693-694 |
| Quadro 139- Avaliação do tipo de respostas à questão 1.1 do pós-teste .....                                                           | 694     |
| Quadro 140- Chave de classificação da questão 14.3 .....                                                                              | 696     |
| Quadro 141- Classificações obtidas no pós-teste da turma experimental .....                                                           | 697     |
| Quadro 142- Classificações obtidas no pós-teste da turma de controlo .....                                                            | 698     |
| Quadro 143- Construção de mapas conceptuais pelos alunos .....                                                                        | 749     |
| Quadro 144- Avaliação qualitativa dos mapas conceptuais dos alunos construídos individualmente antes da leccionação da Acústica ..... | 752     |
| Quadro 145- Avaliação qualitativa dos mapas conceptuais construídos pelos alunos dos seis grupos de trabalho .....                    | 760     |
| Quadro 146- Avaliação qualitativa dos mapas conceptuais construídos pelos alunos individualmente após a leccionação da Acústica ..... | 761     |
| Quadro 147- Avaliação qualitativa dos mapas conceptuais construídos pelos alunos individualmente .....                                | 772     |
| Quadro 148- Avaliação qualitativa dos componentes do Vê de Gowin construído por cada grupo cooperativo .....                          | 777     |
| Quadro 149- Um olhar nos ambientes de escola (Brooks e Brooks 1993, 1997, 1999) .....                                                 | 789     |
| Quadro 150- Avaliação qualitativa dos mapas conceptuais construídos pelos alunos individualmente .....                                | 791     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1-</b> Um modelo construtivista para o desenvolvimento do currículo (Driver e Oldham, 1986, p. 123).....                                                                                                                 | 25  |
| Figura 2- A procura da filosofia.....                                                                                                                                                                                              | 30  |
| Figura 3- Modelo popperiano de Ciência (adaptado de Jorge, 1996, p. 400) .....                                                                                                                                                     | 107 |
| Figura 4- Modelo de Lakatos .....                                                                                                                                                                                                  | 111 |
| Figura 5- Modelo Kuhniano.....                                                                                                                                                                                                     | 117 |
| Figura 6- Teoria de Piaget .....                                                                                                                                                                                                   | 155 |
| Figura 7- Aprendizagem e desenvolvimento (Tavares e Alarcão, 1992) .....                                                                                                                                                           | 160 |
| Figura 8- Aprendizagem e desenvolvimento segundo a teoria dualista .....                                                                                                                                                           | 161 |
| Figura 9- Factores que interferem na aprendizagem significativa (Novak, 2000, p. 26) .....                                                                                                                                         | 171 |
| Figura 10- Os cinco elementos da educação (Novak, 2000, p. 11) .....                                                                                                                                                               | 172 |
| Figura 11- Significados assimilados pelo ser humano (adaptado de Novak, 2000, p. 36) .....                                                                                                                                         | 173 |
| Figura 12- Requisitos da aprendizagem significativa (Novak, 2000, p. 53) .....                                                                                                                                                     | 174 |
| Figura 13- Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica (Novak, 1977, in Valadares e Graça, 1998, p. 20) .....                                                                                                               | 178 |
| Figura 14- O continuum aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa (Valadares e Graça 1998, p. 20) .....                                                                                                                      | 179 |
| Figura 15- Taxa de aprendizagem versus tempo em semanas (Novak, 2000, p. 62) .....                                                                                                                                                 | 180 |
| Figura 16- Aprendizagem por recepção e por descoberta estão num continuum distinto do continuum entre aprendizagem mecânica e significativa (Valadares e Graça, 1998, p. 20; Novak e Gowin, 1999, p. 24; Novak, 2000, p. 58) ..... | 181 |
| Figura 17- Formas de aprendizagem cognitiva que interagem entre si (Novak, 2000, p. 41) .....                                                                                                                                      | 185 |
| Figura 18- Assimilação e assimilação obliteradora (Moreira, 1998, p. 28) .....                                                                                                                                                     | 187 |
| Figura 19- Organizador prévio (Ausubel, 1968, reproduzido por Novak, 1977, p. 76) .                                                                                                                                                | 188 |
| Figura 20- Representação esquemática do modelo ausubeliano de diferenciação progressiva e reconciliação integradora (Moreira e Buchweitz, 1993, p. 27) .....                                                                       | 191 |
| Figura 21- Conceitos básicos da teoria ausubeliana sobre a aprendizagem (Moreira e Buchweitz, 1993, p. 63) .....                                                                                                                   | 194 |
| Figura 22- Síntese da aprendizagem significativa de Novak (Moreira 1993,                                                                                                                                                           |     |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| citado por Moreira, 1998, p. 49) .....                                                                                                     | 195 |
| Figura 23- O modelo triádico de Gowin (Gowin, 1981, p. 73; Moreira, 1993, p. 177, citado em Moreira, 1999, p. 177) .....                   | 196 |
| Figura 24- A Janela Johari (Luft, 1976, p. 29) .....                                                                                       | 218 |
| Figura 25- Dinâmica da relação educativa e factores que a caracterizam (De Longhi, 2000, p. 203) .....                                     | 224 |
| Figura 26- Esquema básico da comunicação bidireccional (Lopez, 1997, p. 209) .                                                             | 225 |
| Figura 27- Componentes essenciais do trabalho cooperativo (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 38) .....                            | 243 |
| Figura 28- Esforços integrados de cooperação (Johnson e Johnson, 1999, p. 108) ...                                                         | 251 |
| Figura 29- A escola cooperativa (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999; p. 109) .                                                         | 257 |
| Figura 30- Diagrama do método de Jigsaw .....                                                                                              | 260 |
| Figura 31- Formação das mesas do torneio (Slavin, 1995, 1999, p. 108) .....                                                                | 264 |
| Figura 32- A dupla articulação na operação de avaliação (Hadji, 1994, p. 33) .....                                                         | 274 |
| Figura 33- A avaliação no centro de um octógono de forças (Perrenoud, 1993, p. 175) .....                                                  | 289 |
| Figura 34- Vê de Gowin .....                                                                                                               | 303 |
| Figura 35- Ensino por pesquisa (Cachapuz et al., 2002, p. 182) .....                                                                       | 345 |
| Figura 36- Sequência da abordagem CTS no ensino da ciência (Aikenhead, 1994a, p. 57) .....                                                 | 357 |
| Figura 37- Esquema organizador dos quatro temas gerais do ensino das ciências no Ensino Básico (Ministério da Educação, 2001a, p. 9) ..... | 386 |
| Figura 38- Planta da escola .....                                                                                                          | 478 |
| Figura 39- Contínuo de tipos de observação segundo Wittrock (1989, p. 308) .....                                                           | 496 |
| Figura 40- Mapa de conceitos sobre as fontes de energia .....                                                                              | 513 |
| Figura 41- Mapa de conceitos sobre as formas fundamentais de energia .....                                                                 | 514 |
| Figura 42- Planta da sala B3 da turma experimental .....                                                                                   | 522 |
| Figura 43 (figura 1 do pré-teste)- Instrumentos musicais .....                                                                             | 583 |
| Figura 44 (figura 2 do pré-teste)- Crucigrama de fontes sonoras .....                                                                      | 585 |
| Figura 45 (figura 3 do pré-teste)- Ondas criadas por uma pedra que caiu na água .....                                                      | 587 |
| Figura 46 (figura 4 do pré-teste)- Trovoada .....                                                                                          | 593 |
| Figura 47 (figura 5 do pré-teste)- Diagramas de ondas sonoras .....                                                                        | 612 |
| Figura 48 (figura 6 do pré-teste)- Ouvido humano .....                                                                                     | 616 |
| Figura 49 (figura 7 do pré-teste)- Audiogramas .....                                                                                       | 622 |
| Figura 50 (figura 1 do pós-teste)- Instrumentos musicais .....                                                                             | 643 |
| Figura 51 (figura 2 do pós-teste)- Diagrama de ondas sonoras .....                                                                         | 671 |



|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 52</b> (figura 3 do pós-teste)- Ouvido humano .....                                                                                                            | 683 |
| Figura 53 (figura 4 do pós-teste)- Audiogramas .....                                                                                                                     | 688 |
| Figura 54- O diagrama de caixas (“box plots”) .....                                                                                                                      | 704 |
| Figura 55- Planta da sala B3 da turma experimental .....                                                                                                                 | 714 |
| Figura 56- Planta da sala E4 da turma experimental .....                                                                                                                 | 715 |
| Figura 57- Planta da sala A3 da turma de controlo .....                                                                                                                  | 718 |
| Figura 58- Planta da sala E4 da turma de controlo .....                                                                                                                  | 719 |
| Figura 59- Mapa conceptual sobre os conceitos de Acústica .....                                                                                                          | 750 |
| Figura 60- Mapa conceptual sobre os conceitos de Acústica, construído de modo<br>progressivo .....                                                                       | 751 |
| Figura 61- Mapa conceptual construído pelo grupo “As Mentes Químicas”, após a<br>leccionação da produção de sons .....                                                   | 755 |
| Figura 62- Mapa conceptual construído pelo grupo “As Mentes Químicas” após a<br>leccionação da produção do som, propagação do som e respectivos<br>efeitos sonoros ..... | 756 |
| Figura 63- Mapa conceptual construído pelo grupo “As Mentes Químicas” após<br>a leccionação de todos os conceitos de Acústica .....                                      | 758 |
| Figura 64- Mapa construído pela aluna A antes da leccionação da Acústica .....                                                                                           | 763 |
| Figura 65- Mapa construído pela aluna A após a leccionação da Acústica .....                                                                                             | 764 |
| Figura 66- Mapa construído pela aluna B antes da leccionação da Acústica .....                                                                                           | 765 |
| Figura 67- Mapa construído pela aluna B depois da leccionação da Acústica .....                                                                                          | 766 |
| Figura 68- Mapa construído pelo aluno C antes da leccionação da Acústica .....                                                                                           | 767 |
| Figura 69- Mapa construído pelo aluno C depois da leccionação da Acústica .....                                                                                          | 768 |
| Figura 70- Mapa construído pelo aluno D antes da leccionação da Acústica .....                                                                                           | 769 |
| Figura 71- Mapa construído pelo aluno D depois da leccionação da Acústica .....                                                                                          | 770 |
| Figura 72- Mapa construído pelo aluno E antes da leccionação da Acústica .....                                                                                           | 771 |
| Figura 73- Mapa construído pelo aluno E depois da leccionação da Acústica .....                                                                                          | 771 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gráfico 1-</b> Actividades praticadas nos dias úteis .....                                                             | 458 |
| Gráfico 2- Actividades praticadas nos fins-de-semana .....                                                                | 458 |
| Gráfico 3- Actividades praticadas nas férias .....                                                                        | 459 |
| Gráfico 4- Programas relacionados com a ciência .....                                                                     | 460 |
| Gráfico 5- Motivos da observação na televisão de programas relacionados com a ciência .....                               | 460 |
| Gráfico 6- Motivos pela qual os alunos não vêem na televisão programas relacionados com a ciência .....                   | 461 |
| Gráfico 7- Motivos pela qual os alunos vêem, por vezes, na televisão programas relacionados com a ciência .....           | 461 |
| Gráfico 8- Retenções dos alunos .....                                                                                     | 462 |
| Gráfico 9- Número de retenções por ano de escolaridade .....                                                              | 463 |
| Gráfico 10- Razões das retenções .....                                                                                    | 463 |
| Gráfico 11- Processo de trabalho mais apreciado pelos alunos em sala de aula .....                                        | 466 |
| Gráfico 12- Frequência do estudo .....                                                                                    | 468 |
| Gráfico 13- Altura da conversa em casa sobre os estudos e a escola .....                                                  | 469 |
| Gráfico 14- Sujeitos que apoiam os alunos em casa .....                                                                   | 470 |
| Gráfico 15- Periodicidade da ajuda .....                                                                                  | 470 |
| Gráfico 16- Principal motivo de andar na escola .....                                                                     | 471 |
| Gráfico 17- Percurso seguido após a conclusão do Ensino Básico .....                                                      | 472 |
| Gráfico 18- Profissões desejadas pelos alunos .....                                                                       | 473 |
| Gráfico 19- Número de docentes por grupo disciplinar no ano lectivo 2004/2005 .....                                       | 476 |
| Gráfico 20- Síntese dos dois momentos de auto-avaliação sobre a actividade cooperativa desenvolvida em sala de aula ..... | 529 |
| Gráfico 21- Posição dos alunos acerca do modo de aprendizagem em sala de aula ..                                          | 530 |
| Gráfico 22- Posição dos alunos sobre o trabalho em grupo cooperativo .....                                                | 533 |
| Gráfico 23- Contribuição da temática da Acústica para o trabalho em grupo .....                                           | 536 |
| Gráfico 24- Posição sobre o tipo de trabalho em sala de aula .....                                                        | 538 |
| Gráfico 25- Posição sobre o trabalhar de novo em grupo .....                                                              | 540 |
| Gráfico 26- Posição dos alunos acerca do interesse do tema .....                                                          | 543 |
| Gráfico 27- Posição favorável em relação ao tema .....                                                                    | 544 |
| Gráfico 28- Posição desfavorável em relação ao tema .....                                                                 | 545 |
| Gráfico 29- Posição em relação à utilização das novas tecnologias no ensino da Acústica .....                             | 545 |

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gráfico 30-</b> Posição em relação à utilização de software educativo de Acústica .....                                                     | 547 |
| Gráfico 31- Razões da utilização de software educativo de Acústica .....                                                                       | 547 |
| Gráfico 32- Razões da não utilização de software educativo de Acústica .....                                                                   | 548 |
| Gráfico 33- Avaliação das actividades experimentais realizadas nas aulas de Acústica .....                                                     | 549 |
| Gráfico 34- Existência de dificuldades sentidas pelos alunos na compreensão da linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais .....     | 550 |
| Gráfico 35- Motivos pelos quais os alunos não tiveram dúvidas em compreender a linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais .....     | 550 |
| Gráfico 36- Motivos pelos quais os alunos às vezes sentiram dúvidas em compreender a linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais ... | 551 |
| Gráfico 37- Posição dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica .....                                   | 552 |
| Gráfico 38- Posição favorável dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica .....                         | 553 |
| Gráfico 39- Posição desfavorável dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica .....                      | 554 |
| Gráfico 40- Eventual visualização de um mapa conceptual .....                                                                                  | 555 |
| Gráfico 41- Local de visualização de um mapa conceptual .....                                                                                  | 555 |
| Gráfico 42- Diferenças entre os mapas conceptuais construídos no início e no fim da actividade .....                                           | 557 |
| Gráfico 43- Motivos pelos quais os alunos encontraram diferenças na elaboração dos mapas .....                                                 | 558 |
| Gráfico 44- Diferenças entre o mapa conceptual construído individualmente e o mapa conceptual construído em grupo .....                        | 558 |
| Gráfico 45- Dificuldades na construção do mapa conceptual .....                                                                                | 559 |
| Gráfico 46- Especificação das dificuldades dos alunos na construção dos mapas conceptuais .....                                                | 560 |
| Gráfico 47- Vantagens na utilização dos mapas conceptuais .....                                                                                | 561 |
| Gráfico 48- Desvantagens na utilização dos mapas conceptuais .....                                                                             | 563 |
| Gráfico 49- A utilização dos mapas conceptuais .....                                                                                           | 563 |
| Gráfico 50- Possibilidade dos mapas conceptuais poderem ser utilizados como instrumento de avaliação.....                                      | 565 |
| Gráfico 51- Utilizar novamente os mapas conceptuais .....                                                                                      | 565 |
| Gráfico 52- Visualização do Vê de Gowin .....                                                                                                  | 566 |
| Gráfico 53- Local de visualização do Vê de Gowin .....                                                                                         | 567 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gráfico 54-</b> Dificuldades na elaboração do Vê de Gowin .....                               | 568 |
| Gráfico 55- Vantagens da utilização do Vê de Gowin .....                                         | 569 |
| Gráfico 56- Desvantagens da utilização do Vê de Gowin .....                                      | 570 |
| Gráfico 57- Utilização do Vê de Gowin noutra disciplina .....                                    | 571 |
| Gráfico 58- Possibilidade do Vê de Gowin ser utilizado na avaliação .....                        | 572 |
| Gráfico 59- Posição acerca da utilização futura do Vê de Gowin .....                             | 573 |
| Gráfico 60- Síntese dos dois momentos de avaliação do grupo sobre o respectivo<br>trabalho ..... | 575 |
| Gráfico 61- Respostas à questão sobre o conceito de som do pré-teste .....                       | 577 |
| Gráfico 62- Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras .....                            | 587 |
| Gráfico 63- Respostas à questão sobre o conceito de onda .....                                   | 588 |
| Gráfico 64- Respostas à questão sobre o fenómeno da trovoadas .....                              | 594 |
| Gráfico 65- Respostas à questão sobre a equação da velocidade do som .....                       | 599 |
| Gráfico 66- Respostas à questão 7.1 do pré-teste .....                                           | 600 |
| Gráfico 67- Respostas à questão sobre a frequência da onda .....                                 | 602 |
| Gráfico 68- Respostas à questão sobre a identificação dos fenómenos sonoros .....                | 604 |
| Gráfico 69- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: reflexão .....                          | 604 |
| Gráfico 70- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: ressonância .....                       | 605 |
| Gráfico 71- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: difracção .....                         | 606 |
| Gráfico 72- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: refacção .....                          | 606 |
| Gráfico 73- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: reverberação .....                      | 607 |
| Gráfico 74- Respostas à questão sobre o cálculo do eco .....                                     | 610 |
| Gráfico 75- Respostas à questão sobre os fenómenos sonoros, sonar e ecografia ....               | 611 |
| Gráfico 76- Respostas à questão sobre as características das ondas .....                         | 613 |
| Gráfico 77- Respostas à questão sobre a altura do som .....                                      | 614 |
| Gráfico 78- Respostas à questão sobre o timbre .....                                             | 615 |
| Gráfico 79- Respostas à questão 16 do pré-teste .....                                            | 617 |
| Gráfico 80- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido externo .....                          | 618 |
| Gráfico 81- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido médio .....                            | 618 |
| Gráfico 82- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido interno .....                          | 619 |
| Gráfico 83- Respostas à questão sobre sons audíveis e sons não audíveis .....                    | 620 |
| Gráfico 84- Respostas à questão sobre o som mais grave dentro dos sons audíveis                  | 622 |
| Gráfico 85- Respostas à questão 18.1 do pré-teste .....                                          | 623 |
| Gráfico 86- Respostas à questão 18.2 do pré-teste .....                                          | 624 |
| Gráfico 87- Respostas à questão 18.3 do pré-teste .....                                          | 625 |
| Gráfico 88- Respostas à questão sobre a exposição a ruídos .....                                 | 627 |

|                                                                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Gráfico 89- Ordem crescente das classificações obtidas pelos alunos da TE e da TC nas questões do pré-teste .....</b>                 | <b>634</b> |
| Gráfico 90- Conceito do som do pós-teste .....                                                                                           | 637        |
| Gráfico 91- Origem principal do som emitido por um violoncelo .....                                                                      | 645        |
| Gráfico 92- Origem principal do som emitido por uma gaita-de-foles .....                                                                 | 647        |
| Gráfico 93- Origem principal do som emitido por um tambor .....                                                                          | 648        |
| Gráfico 94- Onda .....                                                                                                                   | 652        |
| Gráfico 95- Ausência de meio físico .....                                                                                                | 654        |
| Gráfico 96- Propagação do som e propagação da luz .....                                                                                  | 656        |
| Gráfico 97- Cálculo da velocidade do som .....                                                                                           | 658        |
| Gráfico 98- Comprimento de onda .....                                                                                                    | 659        |
| Gráfico 99- Frequência das ondas .....                                                                                                   | 661        |
| Gráfico 100- Equação da velocidade das ondas .....                                                                                       | 662        |
| Gráfico 101- Difracção .....                                                                                                             | 664        |
| Gráfico 102- Ressonância .....                                                                                                           | 665        |
| Gráfico 103- Eco .....                                                                                                                   | 667        |
| Gráfico 104- Eco e reverberação .....                                                                                                    | 668        |
| Gráfico 105- Reflexão .....                                                                                                              | 670        |
| Gráfico 106- Período e frequência da onda sonora .....                                                                                   | 672        |
| Gráfico 107- Amplitude da onda sonora .....                                                                                              | 673        |
| Gráfico 108- Onda sonora que corresponde o som mais grave .....                                                                          | 674        |
| Gráfico 109- Onda sonora que corresponde o som mais forte .....                                                                          | 678        |
| Gráfico 110- Intensidade do som .....                                                                                                    | 681        |
| Gráfico 111- Timbre do som .....                                                                                                         | 683        |
| Gráfico 112- Audição do som mais agudo .....                                                                                             | 687        |
| Gráfico 113- Mínimo de intensidade sonora .....                                                                                          | 690        |
| Gráfico 114- Audiogramas .....                                                                                                           | 691        |
| Gráfico 115- Poluição sonora .....                                                                                                       | 693        |
| Gráfico 116- Ordem crescente das classificações obtidas pelos alunos da TE e da TC nas questões do pós-teste .....                       | 699        |
| Gráfico 117- Avaliação global dos alunos por cada questão dos subtemas de Acústica no pós-teste .....                                    | 700        |
| Gráfico 118- Representação esquemática da evolução conceptual acerca da temática da Acústica nas turmas experimental e de controlo ..... | 705        |
| Gráfico 119- Parâmetros de avaliação da evolução conceptual acerca da temática da Acústica nas turmas experimental e de controlo .....   | 706        |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gráfico 120-</b> Respostas correctas obtidas pelos alunos das turmas experimental e de controlo, nas questões 7.2 e 11 do pós-teste ..... | 784 |
| Gráfico 121- Representação esquemática da evolução conceptual acerca da temática da Acústica nas turmas experimental e de controlo .....     | 791 |

# INTRODUÇÃO

## Contextualização do estudo

A qualidade da educação e a necessidade da excelência dos seus resultados a todos os níveis de ensino encontram-se presentes na ordem do dia. Assim, assiste-se, nos contextos académicos, profissionais e políticos, a crescentes discussões sobre algumas tendências preocupantes ligadas ao ensino. Particularmente, realça-se uma suposta baixa nos níveis de aprendizagem dos alunos, uma deterioração do clima nas salas de aulas e nas escolas, uma elevada desorientação entre os docentes face à multiplicação das exigências educacionais, de que são exemplos os novos conteúdos programáticos e os novos métodos educacionais, e uma desfasagem entre as exigências formativas dos discentes e a oferta educativa que recebem na instituição escolar (Pozo, 1997).

No âmbito da educação científica essa crise traduz-se no facto de que os alunos parecem aprender muito menos ciência do que lhes é ensinado, ao mesmo tempo que se constata que estão cada vez menos motivados ou interessados na sua aprendizagem (Pozo, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004; Tamayo e Orrego, 2005).

Os professores de ciências são confrontados com novas exigências, nomeadamente, no caso português, a terem de trabalhar a área curricular das Ciências Físicas e Naturais, em vez de disciplinas separadas, como até agora sucedia nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Biologia, e a trabalharem com alunos cada vez mais diferenciados. Além disso, os docentes têm de ocupar-se não só com os conteúdos a leccionar, mas também com o ensino de procedimentos e atitudes pouco definidos (Pozo, 1997).

Por outro lado, “a educação científica actual encontra-se demasiado isolada das questões da vida quotidiana dos estudantes de todas as idades e também das preocupações morais e sociais mais amplas dos alunos de maior idade” (Lemke, 2006, p. 9).

Ora, se nos últimos anos o currículo das ciências não sofreu grandes alterações, quer a nível de conteúdos quer a nível de metodologias em sala de aula, a sociedade à qual este ensino é dirigido e as exigências formativas dos alunos mudaram. O desajuste entre a ciência que se ensina (nos seus conteúdos, metas, etc.) e os próprios alunos é cada vez mais notório, reflectindo, por isso, uma crise na cultura educacional, que exige que sejam adoptadas outras estratégias e metas, que se traduzam numa nova cultura educacional, que defendemos ligada ao construtivismo (Pozo, 1997, Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Segundo estes autores

a ideia central desse enfoque construtivista é que aprender e ensinar, longe de serem meros processos de repetição e acumulação de conhecimentos, implicam transformar a mente de quem aprende, que deve reconstruir, a nível pessoal, os produtos e os processos culturais com o propósito de apropriar-se deles. (Pozo, 1997, p. 93; Pozo e Gómez Crespo, 2004, p. 23)

As razões deste impulso construtivista, particularmente no ensino das ciências, podem ser descobertas em diversos planos ou níveis de análise. Deste modo, encontramos razões epistemológicas, psicológicas e educativas que justificam a adopção de um novo enfoque no ensino das ciências (Matthews, 1994b; Pozo e Gómez Crespo, 2004; Tamayo e Orrego, 2005), que diversos autores, como, por exemplo, Valadares (1995, 2001, 2003a), Novak (2000), Pozo e Gómez Crespo (2004) defendem que deve ser construtivista.

No plano epistemológico, a justificação encontra-se analisando como se origina ou constrói o conhecimento científico. Partilhamos o ponto de vista dos autores Valadares (1995) e Valadares e Graça (1998) que defendem a ideia de que o

conhecimento do mundo é uma construção que evolui de modo dialéctico, numa interacção recíproca permanente entre o ser humano e o próprio Universo que também o inclui e com ele evolui. A dialéctica do conhecimento do mundo físico envolve uma superação entre as ideias e as características do sujeito e a experiência proveniente da manipulação dos objectos e da linguagem referida aos mesmos. (p. 17)

Hoje em dia, assume-se que as teorias científicas não são saberes absolutos ou positivos, porém, na prática “a nossa sociedade está impregnada de pensamentos positivistas e não é fácil distanciarmo-nos deles” (Novak, 2000, p. 94). A perspectiva que predomina entre os alunos, acerca da natureza da ciência, é a de uma imagem autoritária,



em que o conhecimento científico se apresenta como a verdade absoluta e na sua forma final (Dushl 1997), ou constituído “por um conjunto de verdades irrefutáveis, e por um conjunto de conceitos e teorias que se podem memorizar” (Tamayo e Orrego, 2005, p. 16).

Trata-se de um domínio que é apresentado como sendo “esvaziado de todo o percurso da investigação e da descoberta” (Rosa, 1997, p 131). Os conhecimentos que transmitimos às crianças “continuam a ser, implícita e explicitamente, os de um mundo alicerçado em certezas, hierárquico e mecanicista por natureza, com um futuro previsto e controlado, em que as coisas se sucedem linearmente umas às outras” (Cabral, 1997, p. 50).

Na opinião de Tamayo e Orrego (2005), o que se procura no ensino da ciência é

que os alunos compreendam o significado das ideias científicas, que conheçam os seus alcances, os seus limites, que identifiquem que se existe algo consistente no trabalho científico é a evolução e a mudança das teorias e dos modelos construídos pelos cientistas. (p. 16)

Nesta perspectiva, assumir a educação em ciências implica reconhecer a temporalidade dos conceitos que aprendemos e ensinamos (idem).

A ciência deve ser apresentada, não apenas como um produto, mas, também, como um processo rigoroso, árduo, dinâmico e construtivo de saberes (Dushl, 1997). Este autor alerta para os perigos decorrentes da apresentação da ciência aos alunos apenas na sua forma final. Nomeadamente, isso poderá conduzir a que a ciência seja vista como “uma actividade em que os cientistas estão sempre de acordo” (p. 59) e em que o crescimento científico ocorre por adição de ideias, teorias e factos aos antigos, e sem quaisquer disputas científicas (idem).

Em sala de aula, os motivos que levam os cientistas a mudarem as teorias e os métodos, e a reconstruírem os objectivos, são eliminados do discurso da aula; isto significa que se ensina o “quê” e não o “como” (Tamayo e Orrego, 2005, p. 15).

Sendo assim, deve-se ensinar ciência como

um saber histórico, de carácter provisório, tentando fazê-los participar de algum modo no processo de elaboração do conhecimento científico, com as suas dúvidas e incertezas, o que requer deles também uma forma de abordar a aprendizagem como um processo construtivo de busca de significados e interpretações. (Pozo e Gómez Crespo, 2004, p. 25)

Este cenário, “não pode fruir no ambiente autoritário, dogmático e estéril que caracteriza tantas das nossas escolas” (Cabral, 1997, p. 57).

Estes pressupostos epistemológicos requerem também razões psicológicas para adoptar um enfoque construtivista. Neste sentido, a aprendizagem não deve ser encarada como actividade reprodutiva e acumulativa. Na verdade, “aprender não é fazer fotocópias mentais do mundo nem ensinar é enviar um fax à mente do aluno para que este emita uma cópia, que no dia do exame o professor compara com o original” (Pozo e Gómez Crespo, 2004, p. 26).

Infelizmente, esta imagem também está bem presente nas salas de aulas. Nesta linha de pensamento, Novak (2000) menciona que

as teorias comportamentais da aprendizagem podem estar quase mortas no mundo da Psicologia, mas estão vivas e de boa saúde nas escolas e empresas. Nem a epistemologia positivista, nem a psicologia comportamental, que tem as suas raízes na primeira, serão eliminadas da sociedade num futuro previsível. (p. 94)

Pozo (1997) e Pozo e Gómez Crespo (2004) apontam outras razões, para além das epistemológicas e psicológicas, que justificam uma mudança cultural, quer na forma de aprender quer na forma de ensinar, que explicitamos em seguida. Um sistema educativo, através da formulação dos diferentes conteúdos programáticos que o constituem, “tem como função formativa essencial fazer com que os futuros cidadãos interiorizem, assimilem a cultura na qual vivem” (Pozo, 1997, p. 95). De acordo com este autor, “essa formação cultural é produzida no contexto de uma cultura de aprendizagem, que evolui com a própria sociedade” (idem).

Essa nova cultura de aprendizagem que se aproxima é influenciada por alguns traços essenciais: o estarmos perante a sociedade da informação, da aprendizagem contínua (Pozo, 1996, citado em Pozo, 1997; Silva, 2005) e do conhecimento múltiplo (Pozo, 1996, citado em Pozo, 1997).

Na sociedade da informação, muitas vezes em vários domínios, a escola não é a principal fonte de informação e conhecimento para os alunos. Estes, quando vêm para a sala de aula, já transportam informação e conhecimento que utilizam na aprendizagem do novo conteúdo (Rosa, 1993). Com efeito, “nunca o acesso a fontes de informação de

*conhecimento foi tão simples, tão abrangente, tão barato. Jamais uma «arquitectura» tecnológica se aproximou tanto, no plano conceptual, da ideia de uma biblioteca escolar ou universitária, como a Internet” (Carneiro, 2004, p. 12).*

Deste modo, torna-se essencial que a instituição escolar acolha a “educação já existente, de modo a ajudar o aluno a desenvolvê-la e a reorientá-la continuamente” (Rosa, 1993, p. 129).

Hoje em dia, a tecnologia é parte integrante e fundamental da aprendizagem. Não faz sentido ignorá-la e continuar a funcionar como se ela não existisse. As novas tecnologias de informação e comunicação fazem parte do nosso mundo e, quer nós queiramos quer não, influenciam a maneira como as crianças aprendem e aquilo que aprendem, nomeadamente acerca da ciência e sobre o mundo natural que as rodeia (Cabral, 1997; Lemke, 2006), pelo que a docência precisa de considerar novas dimensões didácticas e pedagógicas, incorporando, por exemplo, “meios tecnológicos de comunicação nos seus processos pedagógicos de forma crítica, competente, solidária e participativa” (Silva, 2005, p. 47).

Além disso, a escola não pode proporcionar toda a aprendizagem relevante, uma vez que esta é muito mais móvel e flexível do que a própria instituição escolar. O que pode e deve fazer é formar os alunos de modo a que estes possam ter acesso à informação, a organizem, a interpretem, a assimilem criticamente, proporcionando-lhes para o efeito condições de aprendizagem (Pozo, 1997), nomeadamente através da criação de ambientes construtivistas e investigativos de aprendizagem, que defendemos no presente trabalho.

Isto exige do professor novas responsabilidades, “de actor principal passa a director/encenador, de avançado centro a treinador. São funções diferentes que requerem um treino diferente, talvez até, em muitos casos, qualidades diferentes” (Cabral, 1997, p. 58).

Na opinião de Carneiro (2004), os docentes deste novo século “serão cada vez menos meros transmissores de informação ou dispensadores de conhecimento. O professor transforma-se crescentemente num tutor das aprendizagens” (p. 13). Isto implica que “o professor não se coloque como veículo do saber, mas sim como indutor das aprendizagens” (Rosa, 1993, p. 123).

Como consequência da multiplicação informativa e das mudanças culturais, vivemos também numa sociedade de conhecimento múltiplo e descentrado (Pozo, 1997, p. 96), em que os saberes rapidamente se tornam ultrapassados e os conhecimentos provisórios (Reimão, 1994). Ao longo da história, verifica-se que a sociedade sempre sofreu transformações. Nomeadamente,

ao observarmos o processo de evolução da humanidade, podemos constatar uma marcante presença de descobertas, inovações e avanços, relacionados directamente com o espírito de aventura, a inquietude, o inconformismo, a capacidade de pesquisa e de saber, características sempre presentes nos seres humanos. Neste sentido, a procura do desconhecido, a descoberta das novas fronteiras, a produção dos novos conhecimentos têm impulsionado ao longo dos tempos e continuam a projectar a sociedade na direcção do desenvolvimento. (Silva, 2005, p. 43)

Contudo, no passado, a sociedade mudava a um ritmo considerado lento, secular ou de muitas gerações, enquanto que, nos nossos dias, muda aceleradamente (Reimão, 1994). A este propósito, o detentor do Prémio Nobel da Física de 1988, Leon Lederman (2000), dá como exemplo a invenção da máquina a vapor:

teve um grande efeito, mudou a indústria, criou a industrialização, permitiu aos americanos explorarem todo o continente e ligá-lo com comboios. Mas esta foi uma mudança lenta, uma mudança gradual, pois o impacto dessa invenção até às suas profundas implicações levou muitas e muitas décadas a sentir-se. O mesmo aconteceu com muitas outras tecnologias do princípio do século XX. Mas no final deste século a situação é outra. Se olhar para um site na “Web” e disser que estou a fazer um “download” as pessoas dirão que esta é uma língua estranha. De Marte talvez. É uma língua extraterrestre. Mas os miúdos sabem esta língua e falam-na na perfeição. (pp. 20-21)

As mudanças resultantes das descobertas têm reflexo nos mais diversos sectores, especialmente nos avanços da tecnologia e na transformação dos paradigmas económicos e produtivos, com particular impacto nas reformas relacionadas com a educação (Silva, 2005).

Actualmente, ao ritmo da mudança tecnológica e científica em que vivemos, nada pode profetizar quais os saberes capitais que os cidadãos terão de adquirir para que, daqui a alguns anos, possam enfrentar as exigências sociais que lhes serão colocadas. O que sabemos é que eles terão de aprender depois de saírem da instituição escolar (Pozo, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004; Lemke, 2006), já que vivemos, também, na sociedade da aprendizagem contínua (Pozo, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004).

A educação obrigatória e pós-obrigatória prolonga-se cada vez mais, até pela mobilidade profissional e o surgimento de novos e mesmo imprevisíveis perfis laborais, o que faz com que se caminhe para um sistema de educação permanente, onde a formação profissional contínua se torna cada vez mais necessária (Pozo, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Ora, o sistema educativo não consegue formar especificamente para cada uma dessas necessidades, mas pode formar futuros cidadãos que sejam aprendizes eficazes, mais flexíveis e autónomos, dotando-os de competências e capacidades de aprendizagem e não apenas de conhecimentos específicos que não são duráveis (Pozo, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Partilhamos a ideia de Brooks e Brooks (1993) quando afirmam que “a reforma educacional deve começar com o modo como os estudantes aprendem e como os professores ensinam, não com as consequências legislativas” (p. 17).

Para Rosa (1997), “o que há para reformar é, essencialmente, o papel do aluno, tornando-o o actor principal do sistema” (p. 124). Os alunos são a “verdadeira razão de ser da educação”, embora sejam “tratados como mera consequência dela” (idem, p. 119). Daí, que se exija uma redefinição total do papel dos agentes intervenientes no sistema educativo (idem).

Deste modo, partilhamos também o ponto de vista de Cabral (1997), quando afirma que “a escola tem de ser reinventada como um centro de investigação, onde os alunos investigam e os professores coordenam, tendo sempre como pano de fundo e objecto mediador de trabalho o mundo real que ambos conhecem” (pp. 57-58).

Face a esta realidade, o foco da actuação do professor deverá deslocar-se do ensinar para o aprender, e até mesmo para o aprender a aprender, de modo a atingir a mais significativa necessidade da educação contemporânea que é a de formar pessoas que tenham capacidade de aprender continuamente de forma crítica, autónoma e criativa. Neste contexto, um factor fundamental prende-se com a necessidade de se utilizarem novas metodologias pedagógicas, onde os professores e os estudantes sejam parceiros de investigação (Silva, 2005).

Para este autor, o acto pedagógico precisa de ser revisto profundamente nas suas concepções epistemológicas, nos aspectos curriculares e, principalmente, nas abordagens didácticas.

Particularmente, no caso da educação científica, vários autores de diversos países defenderam um construtivismo que “contemple a participação activa dos estudantes na construção do conhecimento e não na simples reconstrução pessoal do conhecimento previamente elaborado, fornecido pelo professor ou pelo livro de texto” (Gil-Pérez et al., 2002, p. 561).

Dentro do campo construtivista encontram-se diversas abordagens: os construtivistas radicais, que rejeitam a ideia de que o “conhecimento científico pode ser testado por oposição a uma realidade externa” (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p. 16); os denominados construtivistas sociais, que defendem a noção “de que a realidade em si é apenas um produto da negociação social” (idem); e, em contraste com estes dois tipos o construtivismo humano, que defende uma “visão da ciência que reconheça um mundo externo e cognoscível, mas que dependa em grande parte de uma luta intelectualmente exigente para construir heurísticamente explicações fortes, através de largos períodos de interacção com os objectos” (idem). Esta forma de construtivismo “acredita que os seres humanos são criadores de significados, que o objectivo da educação é construir significados partilhados e que este objectivo pode ser facilitado através da intervenção activa de professores bem preparados” (idem).

De entre os vários tipos de construtivismo, defendemos, na presente investigação, o construtivismo trivial e humano, partilhado por diversos autores, e particularmente defendido por Novak (2000) e Valadares (2006).

Foi no contexto descrito anteriormente que se decidiu escolher, para tema desta investigação, a aprendizagem significativa dos alunos, em que o professor desempenha um papel fulcral na organização, planificação e implementação das estratégias e o aluno, ganhando um maior protagonismo na sua própria aprendizagem, se sente mais responsável

pelo seu próprio processo de aprendizagem, tomando decisões e encarando com confiança situações problemáticas e incertezas.

Temos a convicção de que o ensino da Física deve ser um processo educativo, que envolva a “negociação” de significados entre os diferentes intervenientes e não apenas a transmissão de conceitos.

Além disso, entre ensino e aprendizagem não há uma relação estritamente causal (Gowin, 1981). O professor pode ensinar uma turma de alunos e, nela, alguns estudantes aprenderem bem e os outros mal. Isto sucede porque os alunos são idiossincraticamente diferentes, sendo a aprendizagem um processo individual (Valadares, 2006).

Na sua importante obra *Educating*, Gowin (1981) distingue, com toda a clareza, ensino e aprendizagem. O ensino é um acontecimento social, no qual os seres humanos negociam e partilham significados (Valadares, 2006). Pelo contrário, a aprendizagem é uma construção pessoal e idiossincrática, da responsabilidade do aprendente, e que não pode ser compartilhada (Novak e Gowin, 1999; Valadares, 2006).

### Definição do problema

A presente investigação será desenvolvida tendo por base a seguinte questão central, questão-foco ou questão expressiva, que irá orientar todo o nosso pensamento e acção de pesquisa:

- ▲ *Será que uma estratégia, que foi concebida de modo a ser fundamentada em pressupostos epistemológicos e psicológicos actuais, poderá conduzir a uma aprendizagem mais significativa da Acústica no Ensino Básico?*

Para operacionalizar esta questão-foco, planificou-se uma série de fases de pesquisa, cada uma delas centrada numa questão. A primeira fase consistiu em desenvolver uma pesquisa de natureza epistemológica que nos permitisse responder à subquestão:

- *que opções epistemológicas poderão fundamentar uma estratégia capaz de conduzir a uma aprendizagem mais significativa?*

A segunda fase consistiu num estudo baseado na psicologia educacional, que nos conduziu à resposta da subquestão:

- *que opções do foro psicológico poderão fundamentar uma estratégia capaz de conduzir a uma aprendizagem mais significativa?*

A terceira fase consistiu numa reflexão que permitisse estabelecer uma estratégia alicerçada nos pressupostos epistemológicos e psicológicos resultantes dos estudos efectuados nas duas fases anteriores. Essa reflexão conduziu-nos a uma estratégia construtivista e investigativa, alicerçada no trabalho experimental.

Planificada esta estratégia, seguiu-se a sua aplicação em sala de aula, de modo a verificar se ela conduzia ou não a uma aprendizagem mais significativa da Acústica. No fundo, tratou-se de responder à subquestão:

- *uma estratégia concebida com base nos pressupostos epistemológicos e psicológicos adoptados conduz ou não a uma aprendizagem mais significativa da Acústica no Ensino Básico?*

Para a concretização da estratégia utilizaram-se duas turmas do 8º ano de escolaridade do Ensino Básico, leccionadas pela mesma professora de física. Optou-se por uma abordagem de investigação centrada numa metodologia simultaneamente qualitativa e quantitativa. A parte quantitativa da pesquisa consistiu num plano quasi-experimental. Uma turma foi sujeita a uma estratégia construtivista e investigativa, alicerçada no trabalho experimental, realizado segundo uma metodologia de trabalho de grupo cooperativo encaminhado para a negociação de ideias pelos alunos, numa permanente reflexão entre teoria/prática e, além disso, também para a negociação de ideias entre alunos/alunos e alunos/professores. A outra turma foi sujeita a um tipo de ensino tradicional, onde não foi realizada qualquer actividade experimental.



Quanto aos objectivos da investigação para além dos que estão implícitos nas subquestões anteriores, foram formulados os seguintes, que se consideraram igualmente importantes:

- Desenvolver um trabalho que possa contribuir para a facilitação da aprendizagem significativa das Ciências Físico-Químicas, em geral, e no Ensino Básico, em particular.
- Identificar e descrever as concepções prévias dos alunos relacionadas com a temática da Acústica.
- Identificar potencialidades formativas da disciplina de física em termos de educação para a cidadania.
- Sensibilizar os alunos para a problemática da protecção do ambiente, e em particular para os problemas resultantes da poluição sonora.

Os princípios subjacentes a esta pesquisa, que defendemos, são apresentados segundo três vertentes, que consideramos interligadas entre si. Assim, defendemos os princípios relacionados com a:

- Ciência, em geral, e a Acústica, em particular:
  - o ensino da ciência deve extravasar a sua faceta académica, revelando a inter-relação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, pois além de ser muito mais motivador, contribui em maior grau para a educação dos alunos tendo em vista uma cidadania crítica e responsável;
  - o trabalho experimental propicia uma aprendizagem significativa dos conceitos científicos;
  - o estudo dos fenómenos acústicos é fundamental pela sua relação com o mundo do quotidiano e pela aproximação que propicia entre a ciência e a arte.
- Epistemologia:
  - a ciência é uma construção humana resultante de uma interacção entre a reflexão teórica e a experimentação;

- o conhecimento científico é uma estrutura evolutiva e maleável de conceitos e relações entre conceitos;
  - a actividade científica consiste numa “negociação” de significados entre os membros da comunidade científica, envolvendo aspectos sociológicos importantes e conduzindo a uma construção sempre inacabada;
  - os seres humanos vão construindo e enriquecendo os seus significados acerca do mundo por um processo de superação dialéctica entre um pensamento «contaminado» por sentimentos, emoções e paixões e a sua acção sobre o mundo;
  - existem alguns aspectos similares entre o modo como os seres humanos constróem as suas representações sobre o mundo e o modo como o conhecimento do mundo evoluiu em termos históricos.
- Psicologia educacional e a aprendizagem:
- a educação deverá facilitar a partilha de significados entre professores e alunos, num ambiente construtivista e investigativo, onde reinem as boas relações pedagógicas, a reflexão e a negociação;
  - a aprendizagem, sendo idiossincrática, é profundamente influenciada pelos conhecimentos que o aluno já possui;
  - o papel do professor é o de um facilitador e orientador das aprendizagens dos alunos;
  - os ambientes construtivistas e investigativos são propícios a uma aprendizagem significativa da ciência;
  - a actividade cooperativa é uma das características fundamentais dos ambientes construtivistas e investigativos;
  - a avaliação constitui um processo de aprender e não apenas um processo classificativo, estando intrinsecamente inserida no processo educativo;
  - os instrumentos metacognitivos facilitam a aprendizagem significativa da ciência.

## Relevância do estudo

Tal como acontece em vários países, também no nosso o insucesso do ensino da Física tem sido elevado. Por exemplo, as estatísticas dos exames nacionais de Física do Ensino Secundário, no conjunto da 1ª e da 2ª épocas referentes a 2004, divulgados na base de dados (BD1) da Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, do Ministério da Educação, homologados pelo Júri Nacional de Exames, revelam resultados desastrosos.

Nessa estatística constatou-se que, dos cerca de 15269 alunos inscritos como alunos internos aos respectivos exames, 9938 tiveram resultados inferiores a 100 pontos (10 valores), o que equivale a uma percentagem de 65%. Este dado é da mesma ordem de grandeza do obtido no ano anterior, o que demonstra a pouca eficácia do processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, os resultados do inquérito Eurobarómetro “Europeans, Science & Technology”, sobre a relação dos cidadãos com a ciência e a tecnologia, publicados em Junho de 2005 pela Comissão Europeia, revelaram que, de um modo geral, os Europeus estão a perder interesse pela ciência. Este inquérito abrangeu 32 países: os 25 constituintes da União, mais os que integram o acordo de comércio livre na Europa (EFTA), Islândia, Noruega, Suíça, e ainda os países que na altura eram candidatos à adesão à União Europeia (EU), Bulgária, Roménia, Croácia e Turquia.

Segundo os dados obtidos no questionário, apenas 30% dos europeus afirmaram ter interesse por temas científicos, destacando-se Portugal como um dos países menos preocupados com esses assuntos (apenas 18% de pessoas interessadas). Em contradição, os portugueses apresentam uma visão optimista sobre as descobertas científicas. Apesar de mal informados, os lusitanos têm fé nas potencialidades da ciência. Este facto emergiu nas respostas concordantes dadas pelos portugueses, particularmente, para as afirmações mostradas no inquérito:

- *“a ciência e a tecnologia permitirão resolver todos os problemas”, 37%;*

- *“graças aos avanços da ciência, os recursos naturais da Terra não se vão esgotar”, 35%;*
- *“a ciência e a tecnologia permitirão eliminar a fome e a pobreza”, 43%;*
- *“os benefícios da ciência são maiores do que os seus efeitos negativos”, 60%.*

Porém, quando se perguntou aos lusitanos qual a importância da ciência no seu dia-a-dia, a resposta é deveras desanimadora: 50% diz não ser importante.

Sobre a afirmação “a forma de ensinar ciências nas escolas não é suficientemente apelativa”, 60% dos portugueses concordam com ela, sendo este resultado próximo da média da União Europeia, 50%.

Estes, e outros resultados obtidos por outras investigações poderão melhorar se apostarmos num ensino da ciência que seja mais aliciante e eficaz para os alunos.

Vive-se um período de reforma do sistema educativo português, em que se torna importante aproveitar a oportunidade para melhorar, de modo cientificamente fundamentado, os programas, os manuais, as metodologias para o ensino de qualquer disciplina e neste caso particular, o da Física. Este facto vem reforçar a importância desta investigação, uma vez que os resultados que dela advêm poderão contribuir para melhorar o processo de ensino-aprendizagem da Física, concretamente a temática da Acústica. Esta temática, que cedo preocupou os filósofos naturais (Liénard, 2001; Caldeira et al., 1991), esteve ausente durante muitos anos dos programas curriculares portugueses. No início dos anos 90, ela reapareceu nos currículos portugueses de Física nos Ensinos Básico e Secundário, encontrando-se actualmente presente nas Orientações Curriculares destes níveis de ensino, embora com alterações de conteúdos programáticos, relativamente aos iniciais, conforme se indica no capítulo 5.

Na presente investigação, aborda-se a temática da Acústica no 3º Ciclo do Ensino Básico. Neste nível de ensino, este assunto surge na área disciplinar Ciências Físicas e Naturais. A sua relevância e interesse para os alunos irá ser averiguada durante o ensino, mas uma das nossas hipóteses é que tal tema poderá despertar esse interesse se a estratégia de ensino e aprendizagem consciencializar os alunos para a incidência social e

cultural dos fenómenos acústicos. Contudo, apesar de a Acústica ser considerada, por nós, como uma área de interesse pelas suas ligações à arte e à vida, particularmente numa perspectiva social, tendo influência em aspectos essenciais como a qualidade de vida do ser humano, a sua cultura musical e, até mesmo, o conhecimento fisiológico do seu próprio corpo, estamos conscientes de que, no nosso país, ela não é considerada uma área privilegiada, nem pelos investigadores, nem pelos professores, até pelo reduzido número de investigações sobre este tema.

Para a fraca motivação dos professores contribuem vários factores, desde a falta de materiais didácticos adequados, até à escassez de formação e apoio da investigação. Além disso, existem grandes dificuldades conceptuais em alunos dos diversos níveis de escolaridade, o que torna a leccionação do tema complexa.

Estas ideias vão ao encontro das obtidas pelos investigadores Perales (1997) e Afonso e Leite (2000) nos seus trabalhos de pesquisa. Particularmente, Afonso e Leite (1999), na investigação que realizaram acerca do tema “O som e a audição” que envolveu 84 professores, mencionam que “os professores pensam que os alunos não têm interesse pelos assuntos que ela abrange, a consideram complexa e lhe atribuem pouca importância para o prosseguimento de estudos” (p. 15). Contudo, os mesmos atribuem à área em causa um destaque relevante para a formação de cidadãos. Afonso e Leite (1999) consideram que “será essencialmente a imagem pouco positiva que os professores têm da área em questão o principal constrangimento à sua leccionação” (idem).

Deste modo, um dos nossos objectivos é o de contribuir, na medida do possível, para uma maior motivação dos professores relativamente ao ensino da Acústica. Para tal, esperamos alargar o conhecimento, no que concerne ao desenvolvimento e adequação de materiais didácticos e estratégias de ensino e aprendizagem a utilizar nas aulas de Acústica, face a um currículo actual que apela para abordagens numa perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, e em que a actividade experimental é considerada imprescindível.

A ciência e a tecnologia, bem como as implicações que têm na sociedade, devem fazer parte de uma educação em ciência de todos os alunos, pois, actualmente, vive-se numa

sociedade altamente tecnológica, onde, cada vez mais, os cidadãos são chamados a participar democraticamente e a tomar posições sobre as implicações sociais da ciência e da tecnologia (Solomon, 1986; Díaz, 2004), que, por vezes, têm um impacto ambiental devastador. Deste modo, envolve-se o cidadão na problemática da sua qualidade de vida, actual e futura. O estudo da temática da Acústica é propício para se atingir os fins anteriormente descritos.

Na opinião de Lemke (2006)

a educação científica, para poder captar a imaginação, a lealdade dos alunos e para merecer o seu compromisso com a aprendizagem, necessita orientar-se face a assuntos e problemas sociais, não deve ensinar princípios conceptuais abstractos de duvidosa utilidade prática ou apenas as habilidades necessárias para ocupações meramente técnicas. (p. 9)

Sendo assim, “devemos mudar as metas para que se ajustem melhor aos interesses dos alunos e às problemáticas sociais” (idem, p. 11). Além disso, e sobretudo, devemos mudar as nossas próprias atitudes e crenças, de modo a que os nossos alunos possam participar na sua própria aprendizagem (idem).

Contudo, isso implica ir ao encontro de uma visão epistemológica e psicológica bem fundamentada, melhorando substancialmente, deste modo, os alicerces da educação científica. Como explícita Novak (2000, p. 3), “a teoria pode melhorar a prática directamente, fornecendo um quadro explicativo para a orientar, e indirectamente, ajudando a melhorar a investigação na educação”. Porém,

embora nas últimas décadas tenha havido enormes avanços na compreensão da forma como as pessoas aprendem, bem como na compreensão da natureza do conhecimento e do processo da criação de novos conhecimentos, actualmente este conhecimento não é muito utilizado nos estabelecimentos escolares. (idem, p. 2)

Partilhamos totalmente desta visão no campo da educação, nomeadamente na educação científica, e com o nosso trabalho pretendemos contribuir, na medida do possível, para melhorar essa educação.

Dos inúmeros factores que interferem no processo ensino-aprendizagem, centraremos a nossa atenção no professor que ensina, no aluno que aprende e na interacção que entre

ambos se estabelece, na linha das ideias de alguns educadores, como Gowin (1981), Novak e Gowin (1999) e Valadares (2005). Porém, tal como advertem Mintzes et al. (2000),

o aluno tem o papel central na aprendizagem! De certeza que o professor, se desempenhar bem o seu, melhora a probabilidade de uma aprendizagem significativa. Mas o factor final na aprendizagem da ciência é o próprio aluno, e o que este faz para construir significado a partir do mundo natural. (p. 302)

No processo de ensino-aprendizagem construtivista que defendemos, será fundamental que o professor apoie os alunos na construção de conhecimento, através de um processo que tenha em conta o conhecimento prévio dos estudantes. É que a aprendizagem é “uma activa reorganização de uma rede de significados pré-existente” na estrutura cognitiva de quem aprende (Gowin, 1981, p. 124).

A relação entre o conhecimento que o aluno já tem e as novas experiências educativas a que está sujeito poderá conduzi-lo à construção de novos modelos conceptuais que serão viáveis. Assim, torna-se importante o desenvolvimento de estratégias que conduzam o estudante a expressar ideias, a questionar, a discutir, a pesquisar, a reflectir sobre a sua própria maneira de pensar, assim como a trabalhar em conjunto, de modo cooperativo.

Tendo por base o construtivismo humano de Novak (1988, 1990, 2000), defendemos o uso de estratégias construtivistas e investigativas na sala de aula, as quais requerem uma planificação cuidadosamente pensada e elaborada, onde são definidos objectivos de longo prazo, com carácter flexível, e que fomentam a criatividade e imaginação para encontrar temáticas, actividades e materiais didácticos específicos que desponham novos interesses e, simultaneamente, possibilitem a ponte com os conhecimentos que tiverem sido já desenvolvidos e apreendidos. Porém, estas estratégias fracassarão, se não for promovido um bom ambiente em sala de aula: um ambiente construtivista de aprendizagem.

Numa aula de física onde reine um ambiente construtivista de aprendizagem, os alunos vão enriquecendo as suas concepções acerca do mundo dos movimentos, dos sons, da luz, etc., através da «negociação» de ideias, com incidência, primeiro, nas grandes ideias, abrangentes, num processo lento de diferenciação progressiva destas, a caminho dos factos cada vez mais específicos, mas nunca isolados. Tal ambiente construtivista encoraja e

responsabiliza os discentes e leva-os a seguirem os seus próprios interesses, a estabelecerem ligações, a reverem o seu pensamento e a alcançarem as suas próprias conclusões. Este ambiente assenta também na ideia de que a aprendizagem e o processo de a avaliar se devem complementar, encorajando a interacção entre professor e aluno.

Deste modo, partilhamos o ponto de vista de Valadares (2001), quando afirma que

o que está subjacente a este ambiente é o facto de a aprendizagem ser definitivamente aceite como uma actividade pessoal e idiossincrática de cada aluno, e que lhe deve ser dada a liberdade controlada e a responsabilidade partilhada para aprender num ambiente estimulante de diálogo e cooperação, em que o professor é um apoiante e facilitador, um mediador fundamental. (p. 12)

Neste sentido, o presente estudo avalia uma metodologia de ensino baseada em estratégias construtivistas e investigativas que, colocando em evidência os conteúdos do tema a abordar e o papel desempenhado pelo aluno na sua aprendizagem, foram concebidas para facilitar a respectiva aprendizagem significativa. Esta metodologia de ensino foi comparada com uma metodologia de ensino tipo tradicional, onde as concepções prévias dos alunos são ignoradas na elaboração de estratégias de ensino-aprendizagem, e em que o ensino consiste, fundamentalmente, numa transmissão de conhecimentos.

Os resultados obtidos poderão ajudar os docentes a repensarem as suas estratégias em sala de aula, bem como a encararem o ensino da física e, em particular, a temática da Acústica, como sendo um assunto que realmente vale a pena leccionar.

O enriquecimento pessoal e profissional que advém da realização deste trabalho irá, decerto, reflectir-se no desempenho futuro das nossas funções docentes.

### Organização do estudo

Ao pretender-se fazer uma investigação sobre a aprendizagem significativa da ciência, torna-se indispensável delimitar o campo teórico onde vamos situar o estudo, isto para fazer frente a uma extensa complexidade de fenómenos que lhe são inerentes.



Assim, organizámos o nosso estudo em duas partes, por sua vez constituídas por capítulos. A primeira parte compreende o quadro conceptual que orientou a presente pesquisa e integra, no total, cinco capítulos.

Partilhamos o pensamento de Bell e Pearson (1992, citados em Gil-Pérez et al., 2002) que defendem a ideia de que não é possível mudar o comportamento do professor tradicional sem que este transforme a sua epistemologia, as suas ideias sobre como o conhecimento científico é construído e os seus pontos de vista sobre a ciência. Além disso, o professor de ciências só mudará o seu comportamento na sala de aula se respeitar ideias teóricas de índole cognitivo de diversos autores, particularmente Vygostk (1985, 1991, 1994) e Ausubel (2003), e ainda as reflexões do pensamento cognitivo/humanista dos investigadores Novak (1988, 1990, 1997, 2000) e Gowin (1981). Assim, os capítulos um e dois do presente trabalho abordarão a contribuição da epistemologia e da psicologia na construção do conhecimento.

No primeiro capítulo procuramos, em linhas gerais, descrever o que se entende por construtivismo e qual a sua importância na educação da ciência. De seguida, apresentamos uma perspectiva histórica-epistemológica da construção do conhecimento científico. Pretende-se, fundamentalmente, analisar os contributos dados pela epistemologia para os problemas do conhecimento, em particular, o conhecimento físico. Esses problemas têm a ver com a possibilidade, a origem e a essência do conhecimento. Trata-se de uma abordagem sumária, em que se procura evidenciar as características das diversas correntes epistemológicas, destacando o construtivismo trivial que defendemos, como uma corrente de superação do dogmatismo/cepticismo, racionalismo/empirismo, realismo/idealismo, correntes oriundas dos problemas do conhecimento. Inclui-se ainda, neste primeiro capítulo, uma análise geral sobre as principais características das diferentes faces do construtivismo, particularmente as do construtivismo radical, trivial, social e humano.

No segundo capítulo, descrevemos a construção do conhecimento numa perspectiva psicológica, abordando algumas teorias psicológicas, particularmente os aspectos gerais

referentes ao processo de ensino-aprendizagem. Deste modo, analisamos as ideias principais das teorias behavioristas, evidenciando a de Skinner, seguindo-se uma análise mais profunda de algumas teorias cognitivas e cognitivas/humanistas. De entre elas, destacamos a de Vygotsky (1991, 1994), a de Ausubel (2003), a de Novak (1997, 1999, 2000) e a de Gowin (1981). Neste capítulo incluímos, ainda, algumas ideias das teorias de Bruner (1998, 1999), Piaget (1977, 2000) e Kelly (1991), pela sua importância para o processo de ensino-aprendizagem.

No terceiro capítulo, caracterizamos os ambientes construtivistas e investigativos que consideramos fundamentais em sala de aula. Para o efeito, baseamo-nos em diversos investigadores, de entre eles, Jonassen (1994), Wilson (1996), Savery e Duffy (1996), Brooks e Brooks (1993, 1997, 1999), Solé e Coll (2001) e Valadares (2001, 2005), que, com os seus trabalhos, evidenciaram o pensamento de que os bons ambientes na sala de aula podem melhorar significativamente a aprendizagem dos alunos.

Na criação destes ambientes, é necessário ter em conta aspectos fundamentais, como, por exemplo, as relações interpessoais entre os intervenientes do processo de ensino-aprendizagem, o trabalho cooperativo desenvolvido entre alunos-alunos e no grupo-turma, a avaliação das aprendizagens dos estudantes, destacando a avaliação formativa e formadora, em detrimento da avaliação sumativa, e, ainda, a utilização de múltiplas representações em sala de aula. É de salientar, também, nestes ambientes, a utilização de instrumentos metacognitivos: os mapas conceptuais e o Vê de Gowin.

No quarto capítulo apresentamos, segundo um carácter evolutivo, algumas perspectivas de ensino das ciências, nomeadamente o designado Ensino por Descoberta, o Movimento das Concepções Alternativas, o Ensino para a Mudança Conceptual e, finalmente, a perspectiva que defendemos neste trabalho: o Ensino por Pesquisa. Em seguida, analisamos o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), defendido na perspectiva do

*Modelo de Ensino por Pesquisa*, uma vez que a sua abordagem facilita a inserção e participação activa do sujeito no mundo actual.

No quinto capítulo, fazemos uma análise reflexiva sobre a temática da Acústica nos programas curriculares portugueses, justificando a opção do estudo desta temática no 3º Ciclo do Ensino Básico. Apresentamos, ainda, uma síntese dos estudos realizados sobre as concepções alternativas na temática da Acústica, bem como algumas sugestões e críticas referidas pelos diferentes autores para o ensino-aprendizagem deste assunto do domínio da física.

A segunda parte da tese diz respeito ao estudo empírico, e é formada por dois capítulos. Assim, no sexto capítulo, expomos e justificamos as opções metodológicas, os sujeitos de investigação, a identidade da escola a que pertencem esses sujeitos, os instrumentos utilizados e o modo como se procedeu à sua validação, assim como uma breve exposição sobre a preparação prévia do trabalho de campo.

No sétimo capítulo, indicamos os resultados obtidos através dos instrumentos utilizados nesta pesquisa. Paralelamente, interpretam-se esses dados, deixando antever algumas ideias finais do trabalho.

Em seguida apresentamos as conclusões deste estudo, bem como as implicações educacionais do mesmo. Além disso, indicam-se as limitações do estudo, algumas sugestões para futuras investigações e ainda algumas recomendações.

Finalmente, apresentamos as referências bibliográficas e os anexos que consideramos fundamentais para a compreensão deste estudo.

## PARTE I

### ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL DO ESTUDO

# CAPÍTULO 1

## PERSPECTIVA HISTÓRICA-EPISTEMOLÓGICA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Este capítulo tem início com algumas considerações gerais sobre a importância do construtivismo na educação científica.

Em seguida, tendo presente a ideia de que o construtivismo engloba diversas áreas, nomeadamente, a epistemologia, o currículo, as teorias da educação, o ensino, a ética, a ontologia e a metafísica (Matthews, 1994b), com as consequentes implicações, quer na visão histórico-epistemológica do conhecimento, quer na psicologia da aprendizagem do ser humano, quer ainda, no contexto de sala de aula, analisaremos algumas dessas áreas, que estão relacionadas umas com as outras.

Porém, por razões práticas, iremos abordá-las em capítulos separados. Deste modo, no presente capítulo, apenas, analisaremos historicamente os contributos dados pela gnoseologia/epistemologia para os problemas do conhecimento, em particular os que se referem ao conhecimento físico. Esses problemas têm a ver com a possibilidade, origem e essência do conhecimento. Trata-se de uma abordagem sumária, que procura evidenciar as incompatibilidades das correntes epistemológicas, tentando superá-las. Assim, fundamentaremos melhor o construtivismo, que emerge desses problemas como uma tentativa de superação das várias correntes referentes aos problemas do conhecimento: dogmatismo/cepticismo, racionalismo/empirismo, realismo/idealismo.

Segue-se a análise de algumas das faces que o construtivismo apresenta, particularmente o construtivismo radical, construtivismo trivial, o construtivismo social e o construtivismo humano.

## 1.1 A importância do construtivismo na educação científica

O construtivismo é uma teoria sobre o conhecimento e a aprendizagem e que foca o que é conhecer e o modo como se chega a conhecer (Fosnot, 1996).

Coll (2001), por seu turno, defende que

a concepção construtivista não é uma teoria em sentido restrito, mas antes um quadro explicativo que, partindo da consideração social e socializadora da educação escolar, integra contributos diversos, cujo denominador comum é constituído por um acordo acerca dos princípios construtivistas. (p. 9)

Acrescentando, ainda, o autor que a concepção construtivista de ensino não pode ser interpretada como “um livro de receitas, mas um conjunto articulado de princípios, a partir dos quais é possível diagnosticar, formar juízos e tomar decisões fundamentadas sobre o ensino” (p. 9).

Segundo Matthews (1994b), o construtivismo tem inspirado diversos programas de reforma das ciências, tem sido objecto de análise em grandes congressos internacionais e abordado em numerosos artigos de revistas. Além disso, o construtivismo está subjacente a importantes programas de investigação de ensino das ciências, particularmente o

projecto Children's Learning in Science da Universidade de Leeds (Driver 1978, 1983, 1989), um projecto similar na Universidade de Waikato (Osborne y Freyberg 1985) e o projecto Student's Intuitions and Scientific Instruction da Universidade de British Columbia (Kuhn y Aguirre 1987). (in Matthews, 1994b, p. 80)

Matthews (1994b) considera, ainda, que o construtivismo influencia e é influenciado por estudos sobre concepções alternativas e esquemas alternativos na aprendizagem da ciência. Alguns desses estudos encontram-se em investigações realizadas por diversos pesquisadores como Pfundt e Duit (1985, citados por Duit, 1995), Driver e Oldham (1986), Ruz e López (1997), Furió (1996) e Pozo e Gómez Crespo (2004). O assunto das concepções alternativas dos alunos será desenvolvido, posteriormente, no capítulo 4 - Perspectivas de ensino: caracterização e evolução.

Alguns teóricos, como Driver e Oldham (1986) propõem um modelo construtivista para o desenvolvimento do currículo (pp.122-125). Este modelo encontra-se esquematizado na figura seguinte:

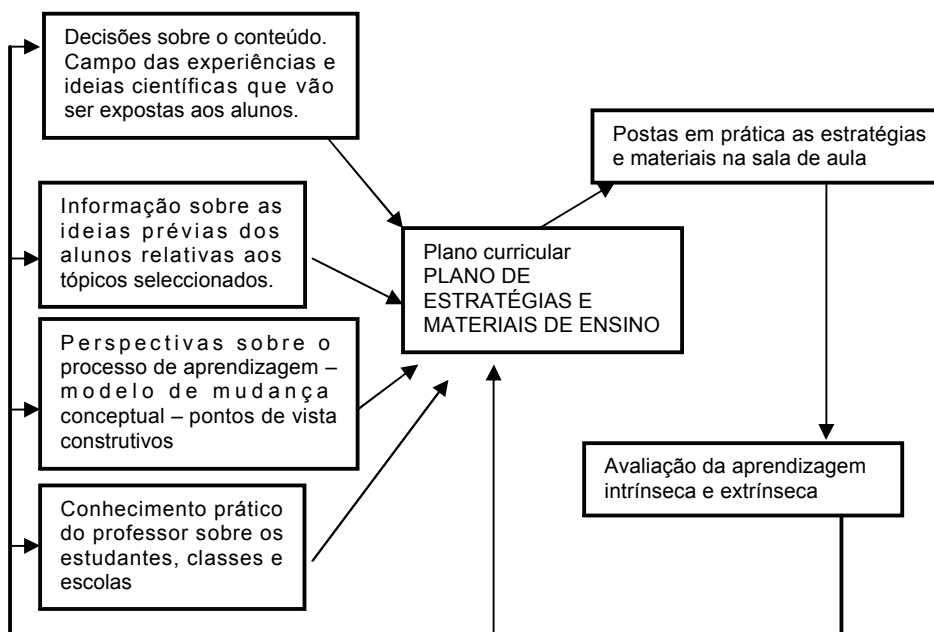


Figura 1- Um modelo construtivista para o desenvolvimento do currículo (Driver e Oldham, 1986, p. 123).

De acordo com estes teóricos, o plano curricular envolve quatro etapas: a primeira refere-se às decisões a tomar acerca do conteúdo a leccionar; a segunda aborda a recolha de informação acerca das ideias prévias dos alunos sobre o tópico a estudar; a terceira está relacionada com as perspectivas sobre o processo de aprendizagem, que os autores mencionam ser o modelo de mudança conceptual; e a última etapa está associada com o conhecimento prático do professor relativo a situações específicas de sala de aula, nomeadamente como organizar o tempo lectivo de modo a que os alunos consigam executar a tarefa proposta, como trabalhar com as limitações habituais de meios, espaço, materiais físicos e como apresentar o problema de forma interessante aos alunos. Após a implementação das estratégias e dos materiais de ensino, há que fazer a avaliação, que poderá levar ao refinamento do processo de aprendizagem.

Outros autores, como, por exemplo, Driver et al., (1994a), Gergen (1995), Glasersfeld (1995), Shoter (1995), Staver (1998) e Gil-Pérez et al. (2002), defendem o construtivismo

aplicado à prática pedagógica da ciência. Até os críticos do construtivismo, nomeadamente Matthews (1994b), Osborne (1996) e Phillips (1995), reconhecem as suas contribuições.

Entre elas, destacam-se as seguintes:

- participação activa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, ao mesmo tempo que reconhece a natureza social que envolve esse processo (Phillips, 1995);
- inserção de assuntos epistemológicos nas discussões envolvidas no processo de ensino-aprendizagem (Phillips, 1995);
- obtenção de dados empíricos que aumentam o conhecimento do professor acerca das dificuldades de aprendizagem da ciência (Osborne, 1996);
- fortalecimento do desenvolvimento de métodos inovadores do ensino da ciência (Osborne, 1996; Matthews, 1994b).

Como dissemos anteriormente, o construtivismo é influenciado por diversas áreas do conhecimento, entre elas a epistemologia, que abordaremos de seguida.

## 1.2 O construtivismo numa perspectiva histórico-epistemológica

Segundo Blanché (1988, p. 9), a palavra epistemologia significa literalmente teoria da ciência. Este vocábulo, recentemente criado, surgiu apenas nos princípios do século XX, em França, mais especificamente, “data de 1906, no suplemento do Larousse ilustrado” (idem). Mas este autor considera que o campo da epistemologia está longe de ser consensual, isto é: “é indeciso, uma vez que ela se encontra repartida entre as suas origens filosóficas e as suas ligações directas com a ciência” (p. 147). Esta perspectiva de epistemologia vem ao encontro daquilo que defendemos no presente trabalho: a epistemologia como uma teoria interpretativa relacionada com a produção do conhecimento, com uma origem filosófica, mas também científica. Na filosofia antiga encontramos diversas reflexões epistemológicas englobadas nos mais diversos textos.



A epistemologia como teoria autónoma surge apenas na Idade Moderna, sendo o seu fundador John Locke (Hessen, 1987). Partilhamos o significado adoptado por Hessen (1987) de teoria do conhecimento, como sendo “uma teoria, isto é, uma explicação ou interpretação filosófica do conhecimento humano” (p. 25).

Para este autor, o conhecimento traduz-se numa relação entre um sujeito e um objecto que entram em contacto mútuo. Assim, sistematizam-se problemas do conhecimento, de entre os quais se destacam o da possibilidade do conhecimento, o da origem do conhecimento e o da essência do conhecimento. Estes problemas organizaram-se à volta de questões que, em síntese, podemos explicitar do seguinte modo (idem, pp. 35-36):

1º - problema da possibilidade do conhecimento físico:

Pode o sujeito apreender realmente o objecto?

2º - problema da origem do conhecimento:

É a razão ou é a experiência a fonte e a base do conhecimento físico do mundo?

3º - problema da essência do conhecimento:

Conhecemos as coisas como são ou como nos aparecem? O mundo é apenas uma projecção do próprio pensar humano? Ou será o mundo uma realidade em si mesmo, independentemente do sujeito que o pensa?

Face a estes problemas, surgiram, ao longo da história, grandes antíteses e as respectivas superações. O construtivismo que defendemos para as ciências físicas surge como uma posição superadora das grandes antíteses dos problemas do conhecimento.

Não constituindo esta pesquisa um ensaio sobre a filosofia da ciência/epistemologia, pretendemos, no entanto, fundamentar alguns princípios filosóficos/epistemológicos importantes para uma visão actualizada do conhecimento físico, em particular para o ensino da Física.

### 1.2.1 Da filosofia grega à origem da Ciência Moderna

Para Gonçalves (1991), a ciência não vive dissociada das outras formas de saber. Se, actualmente, a associação da ciência à filosofia não é imediata, “não se pode negar, contudo, a estreita simbiose em que se envolveram desde o séc. VI a.C. até ao séc. XIX. A ciência no seu sentido histórico, deriva da filosofia da antiguidade grega” (p. 11). Segundo esta investigadora, muita da informação fundamental para construir ciência nos dias de hoje está incluída nas proposições de ontem. Deste modo “discuti-las, apresentá-las, ou mesmo refutá-las, revela a pretensão de conhecer, de saber mais” (idem).

A filosofia surge na Grécia como uma crítica ao mito, bem como aos seus pressupostos irracionais. Costuma dizer-se,

que a filosofia e a ciência surgem quando se abandona o mito, substituindo-o pela explicação racional. (...) A filosofia surge, pois, quando o logos substitui o mito na função de explicar a realidade em toda a sua complexidade: o universo físico, a natureza individual humana, a convivência social com as suas implicações de carácter político e moral. (Cordón e Martínez, 1998a, p. 14)

Com os gregos, abre-se caminho à convicção de que o Universo é inteligível em bases racionais. As ideias de necessidade (as coisas acontecem no Universo como e quando têm de acontecer) e ordem (Cosmos) vão lentamente substituindo as ideias de arbitrariedade (as coisas acontecem segundo a vontade dos deuses) e desordem (caos) (Valadares, 1995).

Segundo Jaeger (1979), é difícil traçar a fronteira temporal do momento em que surge o pensamento racional. Para este autor, a referida fronteira passaria, provavelmente, pela época Homérica. No entanto, “é nela tão estreita a interpenetração do elemento racional e do pensamento mítico que mal se pode separá-los” (p. 177).

Os gregos aprenderam nos poemas (especialmente de Homero e Hesíodo) muito da moral, da teologia, da história, da geografia, da navegação, da arte militar, da astronomia, da cosmologia e da química da Grécia arcaica.

Os mitos, como conjunto de narrativas e doutrinas tradicionais dos poetas, procuravam dar uma explicação total que fornecesse respostas para os problemas e enigmas mais

prementes e fundamentais acerca da origem e da natureza do Universo, do homem, da civilização e da técnica, da organização social, etc. (Cordón e Martinez, 1998a, p. 16).

O mito surge-nos como uma primeira tentativa de unir, numa visão conjunta, os acontecimentos desorganizados do mundo; trata-se da primeira forma de interpretação inteligível das coisas, mas, sobretudo, constitui uma defesa criada pela incerteza e pela angústia, às quais a fantasia contrapõe explicações seguras, acompanhadas por ritos propiciatórios. A falta de meios técnicos e a ignorância das causas naturais dos fenómenos levam o homem a remeter para personagens e narrativas sobrenaturais a sua explicação.

O mito é uma resposta provisória às questões do homem, desejoso de conhecer a razão das coisas que o rodeiam; constitui uma tentativa de apreensão da origem das coisas, primeiro do mundo físico e depois dos deuses <sup>1</sup>.

Durante o século VI a.C., a convergência de causas económicas, políticas e sociais <sup>2</sup> fez com que na Jónia - região que hoje integra a Grécia - surgissem os primeiros filósofos que queriam compreender a origem e a constituição do Cosmos, que afirmavam possuir uma estrutura cósmica racional. Essa ordem racional, transmitia-se igualmente às relações dos homens entre si e com a natureza <sup>3</sup>.

A filosofia grega coloca logo de início a questão da totalidade, procurando captar a multiplicidade das coisas como um todo, isto é, como um conjunto organizado. Este mundo, determinado no espaço e no tempo, possui uma organização perfeita, reflectindo esta noção de ordem o carácter racional do pensamento.

Para os gregos, a verdade pressupõe a dupla organização, da razão e do real. Daí, portanto, o parentesco que a filosofia mantém com a matemática, ciência ordenadora e racional.

O pensamento grego está profundamente marcado pela procura do fundamento primordial de tudo quanto existe. Partindo dos dados sensíveis que nos oferecem a pluralidade e mobilidade aparente das coisas, os primeiros filósofos estão empenhados na

busca da essência daquilo que permanece e se define como uno, universal e imutável, para além de toda a mudança, como princípio universal, da totalidade do real. Esquematizando:

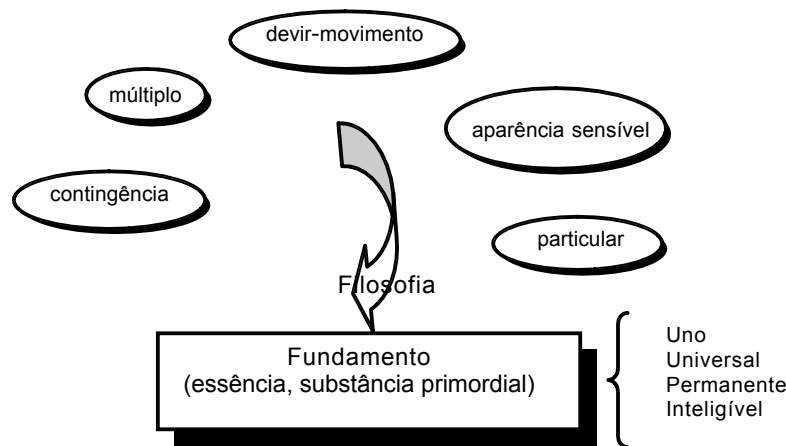


Figura 2- A procura da filosofia.

Conhecer o real é conhecer o que permanece e é comum a todas as coisas, aquilo que elas realmente são (a essência), para além do que parecem ser (a aparência).

Na procura do fundamento último das coisas, os gregos valorizaram a compreensão racional relativamente ao conhecimento sensível. Procurar a unidade que subjaz e explica a multiplicidade dos seres é mergulhar para além das aparências sensíveis, através de um esforço intelectual, racional <sup>4</sup>.

A busca de um princípio originário (arché), de um fundamento último de tudo o que existe, de onde tudo emerge e a onde tudo regressa, a matéria de que todas as coisas se compõem, será uma característica da filosofia no estudo dos problemas da totalidade do real. Embora destacando uma substância primordial diferente, água, ar ou fogo, os pré-socráticos têm em comum o facto de ser sempre uma substância material o elemento último e fundamento de tudo o que existe. Estes filósofos dedicaram-se ainda a toda a espécie de observações astronómicas, cálculos matemáticos e trabalhos de engenharia.

Perante o problema da capacidade da mente humana em conhecer a verdade acerca do universo, surgiram duas explicações ao longo da gnoseologia, cujas visões extremas são opostas:

- o dogmatismo radical (temos acesso a um conhecimento autêntico da realidade),

- o cepticismo lógico, radical ou absoluto (não temos acesso a um conhecimento autêntico da realidade).

Os jónios podem considerar-se filósofos dogmáticos.

Nem todos os filósofos pré-socráticos propuseram o mesmo modelo de explicação da natureza. Assim, os da Escola de Mileto, particularmente Tales (624-546 a.C.), Anaximandro (610-547 a.C.) e Anaxímenes (570-499 a.C.) consideraram que era possível encontrar uma explicação única para a origem do mundo. Para Tales <sup>5</sup>, a causa da criação, a origem e o arché do mundo é a água; para Anaximandro <sup>6</sup>, o elemento primordial do Universo é infinito, indeterminado e eterno - o ápeiron - ; e, para Anaxímenes <sup>7</sup>, o ar é considerado divino, dinâmico e fonte de vida.

Para a Escola Pitagórica, o princípio (arché) ordenador e originário do real, que os jónicos procuraram numa substância física, identifica-se com o número. Para os pitagóricos tudo é número <sup>8</sup>. Abbagnano (1985) afirma que,

a grande descoberta dos pitagóricos, a descoberta que lhes determina a importância na história da ciência ocidental, consiste precisamente na função fundamental que reconheceram à medida matemática para compreender a ordem e a unidade do mundo. (...) Como substância do mundo, o número é o modelo originário das coisas (...) pois constitui, na sua perfeição ideal, a ordem nelas implícita. (p. 48)

Para a Escola Metafísica, nomeadamente para Heráclito, o princípio originário encontra-se materializado no fogo, devido à sua extrema mobilidade. Todas as coisas são fogo e estão em constante fluir (inflamação e extinção). O mundo é, pois, um eterno fogo, que se transforma sem cessar; todas as coisas provêm do fogo e a ele regressam. Para Heráclito a realidade é simultaneamente una e múltipla, verificando-se uma incessante transformação das coisas existentes. Tudo está em movimento perpétuo. Nada permanece idêntico.

O combate entre os contrários é universal, explicando todas as coisas na sua transformação permanente. Tal como Cordón e Martinez (1998a) explicitam, “ao procurar a ordem e inteligibilidade do real, não em seus aspectos estáticos mas no seu dinamismo, não

na identidade mas na contradição, na luta dos contrários, Heráclito chamou pela primeira vez a atenção para a dialéctica” (p. 25).

Há uma dialéctica na filosofia de Heráclito, testemunhada pelos escritos Fragmentos, motivo por que se considera este filósofo precursor da dialéctica de Hegel (final do século XVIII).

Abbagnano (1985) menciona que Hegel viu em Heráclito o fundador da dialéctica. Porém, existem diferenças entre as suas doutrinas. Enquanto Hegel interpretava a doutrina heraclitiana da tensão entre os opostos como sendo de conciliação dos próprios opostos; Heráclito concebia que os opostos, apesar de unidos, nunca estão conciliados: o seu estado contínuo é a «guerra». De facto, como refere Abbagnano (1985), para Heráclito “a harmonia não é a (...) síntese dos opostos, a conciliação e o anulamento das suas oposições; é antes a unidade que submete precisamente as oposições e a torna possível” (pp. 42-43).

Esta luta de contrários é a condição da harmonia e unidade do todo, ou da coincidência dos opostos <sup>9</sup>.

A Escola Eleática preocupar-se-á com a negação do movimento heraclitiano, reduzindo-o a uma simples aparência, e afirmando ao mesmo tempo que só a substância é verdadeiramente. Segundo Abbagnano (1985),

pela primeira vez, com a escola eleática, a substância torna-se por si mesma princípio metafísico: pela primeira vez, ela é definida não como elemento corpóreo ou como número, mas tão-só como substância, como permanência e necessidade do ser enquanto ser. (p. 55)

De uma abordagem naturalista do real, defendida pelos pré-socráticos, passa-se a uma perspectiva ontológica, em que deveriam fixar-se os sistemas de Platão e Aristóteles.

A substância perde o seu carácter material (água, ar, fogo, etc.), tornando-se numa estrutura necessária e permanente: o ser enquanto ser. Para além da diversidade, do movimento do real, o ser é aquilo que permanece.

Abbagnano (1985) considera Parménides (512-?a.C.) o fundador do eleatismo. Parménides empenhou-se em caracterizar o ser - a substância - “como alheio ao devir,

imutável e, portanto, imortal, total e único, inabalável, eterno, onnipresente, uno, coerente, indivisível, homogêneo, ilimitado e completo” (Jaeger, 1979, p. 204) <sup>10</sup>.

A filosofia parmenídea do ser e a filosofia heraclitiana do devir representam dois pontos de vista contrários, cuja antítese os restantes filósofos tentaram superar. A realidade, para Parménides, é una, afastando-se da pluralidade e do movimento dos seres propostos pelos filósofos anteriores.

Relativamente à realidade, a doutrina de Parménides adopta uma explicação monista. Córdón e Martínez (1998a) afirmam que

Parménides elimina a mudança ao afirmar o permanente; elimina o que as coisas parecem ser (múltiplas e mutáveis) ao afirmar o que são (uma única realidade); elimina a pluralidade ao estabelecer a unidade; elimina o conhecimento sensível, sacrificando-o no altar da razão. (p. 26)

Existe apenas uma única realidade, que, no entender de Parménides, é uma exigência necessária da razão, do *logos*. Como mencionam Córdón e Martínez (1998a), “a razão exige que a realidade seja única e imutável; contudo, os nossos sentidos, percepções e experiências mostram-nos a pluralidade e o movimento” (p. 27).

Apesar de Parménides não ter explicitamente enunciado a oposição entre a razão e os sentidos, entre o conhecimento racional e o conhecimento sensível, a sua obra contribui para a estabelecer (Córdón e Martínez, 1998a) <sup>11</sup>.

A influência de Parménides fez-se sentir no idealismo de Platão (só as ideias são realidades) <sup>12</sup>.

Anaxágoras (498-427a.C), como todos os pluralistas, aceita o raciocínio de Parménides, segundo o qual nenhuma realidade nova pode originar-se. De facto, “nenhuma coisa nasce e nenhuma perece, mas todas se compõem de coisas já existentes ou se decompõem nelas” (citado em Abbagnano, 1985, p. 74).

Originalmente, as inúmeras partículas constituintes das várias substâncias encontravam-se misturadas numa massa compacta e maciça, sem interstícios nem separação alguma. Sobre esta massa caótica, imóvel, actuou uma causa exterior, o entendimento, o *nous*, que

imprimiu a esta massa um movimento de redemoinho, de tal modo que provocou a separação e a união de partículas dando lugar aos diferentes seres (Cordón e Martinez, 1998a). Um redemoinho originado por forças mecânicas foi o responsável pela construção do Universo <sup>13</sup>.

Influenciados pelo pensamento de Heráclito, nomeadamente pelas ideias de multiplicidade, diversidade e mudança e, ainda, pela reflexão de Parménides, particularmente pelas ideias de permanência e indivisibilidade, os atomistas Leucipo e Demócrito (séc. V a.C.) consideram que na origem de todas as coisas estão os átomos e o vazio (Valadares, 1991).

Igualmente, a este propósito Brun (2002) afirma que, num certo sentido, se pode considerar o atomismo como uma síntese do eleatismo e do heraclitismo. Em relação ao primeiro “mantém a ideia de uma permanência e de uma imobilidade do ser, que atribui aos átomos” (p. 106). Em relação ao segundo “retém a exigência da diversidade e da multiplicidade sensíveis, para dar-se conta da mudança” (p. 107) <sup>14</sup>.

O conhecimento humano é explicado pelo movimento dos átomos que, em contacto com o corpo humano, causa as sensações. A este propósito, Abbagnano (1985) explicou que

a sensação nasce da imagem (idōla) que as coisas produzem na alma por meio de fluxos ou correntes de átomos que emanam delas. Toda a sensibilidade se reduz por isso ao tacto; porque todas as sensações são produzidas pelo contacto, com o corpo do homem, dos átomos que provêm das coisas. (p. 79)

No entender dos atomistas, as sensações de que deriva todo o conhecimento humano não são fiáveis, porque “mudam de homem para homem, mudam até no mesmo homem conforme as circunstâncias, pelo que não fornecem um critério absoluto do verdadeiro e do falso” (Diels, 68 A 112, citado em Abbagnano, 1985, p. 80). Tal teoria leva-nos, senão a um subjectivismo relativista, ao menos a um certo cepticismo <sup>15</sup>.

Com efeito, “Demócrito diz expressamente que o verdadeiro e a aparência são idênticos, que a verdade em nada difere do que aparece aos sentidos, e tudo o que se manifesta a cada indivíduo e lhe parece existir é verdadeiro” (Diels, 68 A 113, in Brun, 2002, p. 113).



No entanto, Demócrito não cai no cepticismo, pois as limitações anteriormente referidas não se aplicam ao conhecimento intelectual. Este conhecimento, ainda que susceptível à acção das condições físicas que se detectam no organismo, é, todavia, superior à sensibilidade, uma vez que permite captar para além das aparências o ser do mundo: o vazio, os átomos e o seu movimento.

Tal como referem Cordón e Martínez (1998a),

só a razão nos garante o conhecimento e nos revela os verdadeiros princípios das coisas, a verdadeira realidade dos átomos e do vazio. Por sua vez, as qualidades que apercebemos por via dos sentidos (cores, odores, calor e frio, etc.) não são reais dos átomos; são apenas impressões resultantes da interacção dos átomos do nosso corpo com os átomos do exterior. (p. 29)

O conhecimento racional, “que é um órgão mais subtil e alcança a própria realidade” (Demócrito, fr. 11, in Abbagnano, 1985, p. 80), começa precisamente onde acaba o conhecimento adquirido pelas sensações.

A antítese entre a realidade e a aparência já vem do eleatismo, porém, no atomismo, ela “é conduzida ao plano da natureza e a realidade de que se fala é a dos elementos indivisíveis da própria natureza” (Abbagnano, 1985, p. 80). Com os atomistas inicia-se a constituição da pesquisa naturalista distinta da pesquisa filosófica.

Os atomistas distinguiram entre um mundo objectivo (átomos em movimento no vazio) e um mundo subjectivo (o da cor, do frio, etc.) (Valadares, 1991).

Por outro lado, o atomismo de Leucipo e Demócrito é considerado um modelo mecanicista da natureza, que proporciona uma possível explicação do Universo sem recurso a nenhuma criação divina, sem nenhuma intervenção sobrenatural, sem qualquer elemento antropomórfico. Apenas existe matéria e movimentos eternos, verificando-se um esforço para explicar os fenómenos por causas naturais, sem recurso a preocupações teológicas <sup>16</sup>.

A escola dos atomistas gregos, naturalista e muito assente na observação física dos fenómenos, acabou por não vingar (Valadares, 1991).

Os pré-socráticos eram filósofos dogmáticos no sentido mais extremista. Eles achavam-se animados “por uma confiança ingênua na capacidade da razão humana” (Hessen, 1987, p. 39). Virados totalmente para o ser, para a natureza, não sentiam que o conhecimento físico constituísse um problema (idem).

Esta posição corresponde à atitude que se identifica com a posição epistemológica relacionada com a natureza do conhecimento - o realismo ingênuo -, e admite que as coisas são tal qual as apreendemos e que, por conseguinte, a percepção sensorial nos dá a cópia fiel do mundo externo. É claro que esta forma de realismo não resiste a alguns momentos de reflexão uma vez que se torna necessário transitar de uma atitude ingênua para uma atitude crítica.

São os sofistas que colocam pela “primeira vez o problema do conhecimento e fazem com que o dogmatismo, em sentido restrito, resulte impossível para sempre dentro da filosofia” (Hessen, 1987, p. 39) <sup>17</sup>.

Os sofistas viajavam de cidade em cidade, apercebendo-se da diversidade de costumes e valores que estruturavam a vida dos homens. Daí o relativismo das suas teorias - não existe um critério absoluto de verdade capaz de permitir o acordo entre os homens. Eles alegavam que, por sistema, deve-se optar sempre pelo mais útil. Perante a diversidade de opiniões existentes, este conceito de utilidade era sempre favorável à classe aristocrática, que eles ensinavam <sup>18</sup>.

A partir do relativismo sofístico, a lei deixa de ser considerada universal, passando a ser convencional e relativa, produto das circunstâncias.

A ausência de uma verdade universal abre à palavra uma multiplicidade de significações possíveis, transformando-a num instrumento de persuasão, num meio de convencer e arrastar as massas. A esse propósito, Delius et al. (2001) afirmam que “os sofistas chegam à conclusão comum de que o saber geralmente afirmado não é possível; consequentemente, desistem do direito à verdade da filosofia e, em vez de convencer através de argumentos, optam pela persuasão através da retórica” (p. 8).

Nos sofistas, destaca-se o método utilizado que “conduziu à importância do raciocínio indutivo e dos conceitos ou ideias” (Valadares, 1991, p. 64). Estes, ao separarem o mundo da razão do mundo dos sentidos, criaram condições para que surgisse Platão, seguidor e discípulo de Sócrates (idem).

Sócrates (470-399 a.C.) pertenceu ao ambiente filosófico e cultural dos sofistas, tendo-os combatido energicamente. O filósofo propõe-nos um método essencialmente interrogativo, de discussão dialogada, por oposição aos sofistas, que utilizavam exageradamente a exposição <sup>19</sup>.

O método socrático pressupunha duas fases: a ironia e a maiêutica. A ironia é a fase negativa e destrutiva do método. Consiste em levar o interlocutor a confessar a sua impotência, desvalorizando os falsos conhecimentos e mostrando a sua contradição. Consciencializa o interlocutor da sua ignorância, instalando a dúvida provisória (mais tarde esta problemática surge em Descartes), a inquietação, que, posteriormente, o leva à pesquisa da verdade. A ironia é uma preparação para a verdadeira pesquisa filosófica no interior dos homens.

A dúvida socrática é a recusa do enciclopedismo sofístico que permite a manipulação das massas através dos artifícios da linguagem. É um não saber que se conhece e se sabe como tal, a douta ignorância <sup>20</sup>.

A maiêutica é a fase positiva do método socrático, é o momento do parto intelectual, da procura da verdade no interior do homem. A auto-reflexão, expressa no conhece-te a ti mesmo, põe o homem na senda das verdades universais, que são o caminho para a prática do Bem e da virtude <sup>21</sup>. Depois da discussão, é essencial o acordo dos espíritos através das certezas universais obtidas pela definição.

A filosofia de Sócrates não é um processo meramente teórico e especulativo do pensamento, é simultaneamente uma exortação e uma educação. Assim, “ao serviço destes objectivos estão ainda o exame e a refutação socrática de todo o saber aparente” (Jaeger, 1979) <sup>22</sup>.

Sócrates critica a árete sofística o seu saber aparente, procurando definir os valores universais que se encontram no interior da alma e orientam a acção do homem. A educação não é uma transmissão ou imposição de saberes, mas o despertar do saber que existe em cada um de nós através da auto-reflexão. Cada homem traz em si a verdade, os conceitos universais, basta lembrá-los.

Partindo das opiniões diversas e contraditórias, a definição socrática vai-se aperfeiçoando até encontrar o conceito universal. A linguagem torna-se necessária como veículo de significações universais que permite definir com rigor os conceitos morais.

O raciocínio que nos permite passar do exame de um certo número de casos ou afirmações particulares para a definição universal é o indutivo. Como Abbagnano (1985) explicita: “a indução, para Sócrates, consistia em passar revista os actos do interior para lhes distinguir os caracteres gerais”. Como a filosofia socrática é essencialmente moral, a indução parte dos actos morais para procurar as suas características mais universais e comuns a todos os homens. É no interior do homem que se encontra a definição mais universal - o conceito ou ideia.

O conceito exprime a essência ou a natureza de uma coisa, aquilo que a coisa é verdadeiramente. Descoberto pela indução, é necessário verificar o conceito pela dedução, tomando-o como ponto de partida e procurando todas as consequências para ver se são ou não contraditórias. A dedução tem por objectivo confirmar a validade da indução. Definir o Bem, para fazer depois a sua aplicação ajustada a todos os casos particulares, é o objectivo do método socrático.

Aristóteles atribui a Sócrates dois aspectos importantes: “o raciocínio indutivo e definição do universal (katholon), e ambos dizem respeito ao princípio da ciência” (Met., XIII, 4, 1078 b, in Abbagnano, 1985, p. 106).

A Sócrates cabe o mérito de ter sido o primeiro filósofo a organizar a investigação de um modo semelhante a um método propriamente científico. Sobre este feito, Abbagnano (1985) cita o seguinte trecho:

o saber, de que quer despertar a necessidade e o interesse nos homens, deve ser uma ciência derivável segundo um método rigoroso. E, efectivamente, só uma ciência deste género, com a sua perfeita objectividade, permite aos homens, entenderem-se e associarem-se na investigação comum. Só como ciência, a virtude pode ser ensinada. (Protágoras, 361 b, in Abbagnano, 1985, pp. 106-107)

Segundo Abbagnano (1985), “a ciência é para Sócrates a investigação racionalmente conduzida” (p. 109).

Na relação social estabelecida no método socrático, encontramos, como menciona Alberoni (1990),

a característica essencial da ciência moderna. O cientista, quando expõe uma tese, deve demonstrá-la perante todos. Cada um pode pôr argumentos contrários e refutá-la. (...) E se o cientista não consegue dar provas de quanto afirmou é o outro que tem razão, é o outro que triunfa. A natureza da relação científica, tal como nasce na Grécia, é inseparável da igualdade de todos os cidadãos, de todos aqueles que (...) têm cabeça para pensar. Este tipo de relação nasceu na sua totalidade por volta do séc. VI a.C. e constitui uma característica comum em todos os locais onde há racionalidade e ciência. (pp. 446-447)

Para o mesmo autor, foram as condições históricas (pluralismo político, democracia interna da pólis) que contribuíram para que a intuição científica fosse obrigada a tornar-se discursiva, argumentativa e submetida à refutação.

Este autor acrescenta, ainda, que a chave do método socrático é a arte de fazer definições<sup>23</sup>.

Toda a procura científica supõe uma definição provisória do seu objecto e tem por fim tornar cada vez mais exacta e precisa essa definição. Nas ciências, é estudando as coisas, é por observações, é por experiências que verificamos, rectificamos e completamos as noções vindas no início do conhecimento vulgar (Abbagnano, 1985).

Sócrates distinguia dois níveis de conhecimento: um conhecimento a nível da opinião, baseado numa intuição e num senso-comum enganadores, e um conhecimento a nível da ciência - conhecimento científico. Ao nível da opinião não é possível alcançar-se um conhecimento universalmente válido.

Relativamente aos conceitos elaborados por Sócrates eles são de carácter ético-prático e dizem respeito ao dever ser e não à realidade de facto (Abbagnano, 1985). Porém, seja qual for o conceito, teórico ou prático, tem por objecto a essência das coisas, o seu ser

permanente (substância). O que é a substância, a essência seria o problema que Sócrates deixaria aos seus sucessores, Platão e Aristóteles. A separação entre estes dois mundos iria influenciar Platão.

Em Platão (428-348 a.C.) encontramos a forma mais antiga do racionalismo (Hessen, 1987). A razão coloca-se como o único meio de alcançar a verdade.

No pensamento de Platão afluem e combinam-se não apenas o interesse dos filósofos pré-socráticos pelos assuntos relacionados com a *physis*, mas também as questões antropológicas, éticas e políticas, suscitadas por Sócrates e pelos sofistas <sup>24</sup>.

Criticando o relativismo gnosiológico dos sofistas, para os quais a percepção sensível é o conhecimento e a verdade a opinião individual e variável, Platão preocupa-se em encontrar um conhecimento objectivo e universalmente válido.

O conhecimento deverá ser rigoroso e universal, tendo por objecto o ser (o que permanece) e não os objectos sensíveis e a mobilidade que os caracteriza. Da percepção sensível, dado o seu fluir constante, não é possível elaborar um conhecimento verdadeiro. Não é o fenómeno mutável, mas o ser, que é objecto do conhecimento.

Em presença da tese heraclítica, em que tudo está submetido a uma contínua transformação, Platão admite que a essência é arrastada no fluxo do devir, logo, temos de a saber separar se a queremos conhecer (Robin, s/d).

Com base na dicotomia saber-opinião, Platão vai perspectivar o conhecimento numa dimensão dualista: sensível e inteligível.

Ao longo do seu percurso filosófico, Platão defende a existência de um mundo ideal, um mundo inteligível - um mundo de Ideias (*eidos*), distinto de um mundo físico, um mundo da experiência – um mundo sensível. Entre estes dois mundos existe uma diferença radical. Se as Ideias são eternas, imutáveis, necessárias, então os objectos sensíveis são passageiros, mutáveis, contingentes, só existem enquanto imitações ou cópias das Ideias. Somente estas existem verdadeiramente, enquanto que os objectos do mundo, simplesmente, não existem;

isto é, agora são desta ou daquela maneira, agora são e logo já não são; estes reflectem como sombras, a autêntica realidade do mundo das Ideias <sup>25</sup>.

A realidade existe na medida em que participa nas Ideias. Só estas lhe dão o verdadeiro ser. Os objectos assemelham-se às Ideias, reproduzindo-as; e a participação que estes têm nas Ideias resulta de eles terem sido feitos à sua imagem. O conhecimento a que o homem acede, segundo Platão, é apenas ao do mundo sensível, razão pela qual os objectos mutáveis do mundo sensível nunca conduzem a um saber permanente e verdadeiro. Esta posição é reveladora de um certo idealismo em Platão.

O saber genuíno seria o conhecimento das Ideias e das suas relações. Porém, Platão estava consciente das dificuldades em alcançar este saber. Daí que apresente os passos a dar para o atingir. Em primeiro lugar, o estudo da matemática; depois, a partir deste, o estudo do sistema total das Ideias, até atingir o conhecimento do Bem. A via por meio da qual se alcançará este saber autêntico será pela dialéctica. A dialéctica é um instrumento teórico que liberta o homem do mundo sensível e o conduz ao mundo inteligível; à contemplação das Ideias. A dialéctica tem como fim o conhecimento do Bem <sup>26</sup>.

A dialéctica não é uma actividade com interesse especulativo, mas uma tarefa comprometida com a acção sociopolítica. A dialéctica Platónica assume a natureza lógica da dialéctica socrática, mas tem também uma dimensão ontológica. As Ideias platónicas não são simples conceitos lógicos, mas realidades ontológicas; isto é, têm uma existência concreta e independente dos objectos do mundo sensível, e são igualmente fundamento do ser desses objectos. É próprio do saber dialéctico “aprender a essência de cada coisa” (Platão, 1994, 351).

O espírito eleva-se do múltiplo, do sensível até ao inteligível. O objectivo final desta ascensão não é somente o conceito, mas o próprio ser, e nisto reside o aspecto ontológico da dialéctica platónica <sup>27</sup>.

Segundo Valadares (1991) é “com Platão e Aristóteles, no séc. IV a.C., que se pode afirmar que o quadro conceptual do pensamento científico assumiu uma das suas vertentes mais filosóficas de sempre” (p. 65).

Aristóteles (384-322 a.C.) considera que o conhecimento científico supõe a investigação das causas ou princípios dos seres (Kenny, 1999). O Estagirita considera a causa, o princípio, o que funda, o que condiciona, o que estrutura a coisa <sup>28</sup>.

Particularmente, a ideia de causa final constituiu mais tarde uma barreira ao progresso científico. Qualquer coisa que não tivesse um fim à vista dificilmente tinha valor e, com base neste argumento, contrariava-se o progresso do conhecimento científico válido. Foi o que aconteceu com a luneta de Galileu, que não tinha na época valor científico, uma vez que era usada para observar algo que a olho nu não podia ser visto.

A concepção aristotélica de ciência não era apenas explicativa, no sentido de procura de causas, mas também teleológica, da palavra grega telos, que significa fim ou causa final (Kenny, 1999).

Aristóteles admitiu duas premissas em relação à aquisição do saber. Em primeiro lugar, elaborou uma teoria da dedução lógica. Em segundo, defendeu que é à experiência que temos de ir buscar dados. É ela, de facto, a grande juíza de toda a verdade <sup>29</sup>.

Contudo, Aristóteles “sobrevalorizou a observação e a conceitualização qualitativa com prejuízo da experimentação e da racionalização matemática” (in Valadares, 1991, p. 65). Segundo este investigador, Aristóteles recorreu, muitas vezes ao senso comum na tentativa de explicar os fenómenos, como aliás fazem muitos alunos na escola.

A necessidade da existência da teoria da dedução lógica de Aristóteles é referida por Cresson (1988) nos seguintes termos:

tomamos como certas um certo número de proposições porque nos apercebemos de que elas são as consequências necessárias de outras proposições por nós previamente admitidas. Mas semelhante operação comporta diversos perigos. Podemos enganar ao deduzirmos erradamente certas proposições de algumas outras. Além do mais existem sofistas que, sem que eles próprios venham a perder-se, procuram lograr os outros com raciocínios falaciosos. Aristóteles sentiu isso, tendo sido o primeiro a estabelecer uma ciência precisa do modo como deve operar quem quer que procure efectuar uma demonstração dedutiva correcta. (p. 31)

Aristóteles considerou dois tipos de deduções: a dedução imediata e a dedução mediata. A primeira edifica-se somente a partir de uma proposição considerada como verdadeira. A



segunda provém da aproximação entre diversas proposições conhecidas como verdadeiras. Nesta dedução incluem-se os silogismos <sup>30</sup>.

Um dos filósofos que mais se debruçou sobre o pensamento de Aristóteles, para o criticar em alguns dos seus fundamentos foi Francis Bacon (1561-1626), a quem cabe o mérito “de ter combatido a atitude anti-científica do aristotelismo da sua época” (Valadares, 1995, p. 193).

### 1.2.2 O indutivismo baconiano

No início do livro *Novum Organum*, de Bacon encontram-se várias passagens que evidenciam a relação entre Homem/Natureza/poder <sup>31</sup>.

A ideia de que o Homem pode dominar a Natureza através da ciência levou Bacon a opôr-se a Aristóteles, no que se refere ao conceito de ciência, “considerada como um tipo de conhecimento teórico cujo fim não é mais do que a contemplação da verdade” (Cordón e Martinez, 1998b, p. 25), quer no que se refere ao método utilizado no progresso científico.

Bacon foi dos primeiros filósofos a perceber que a progressão do conhecimento científico só podia ocorrer por meio de um esforço cooperativo (Kenny, 1999; Magee, 1998; Cordón e Martinez, 1998b). Esta visão, contrária à da época, que dava demasiada ênfase ao poder do génio individual, acabou por ser aceite pelos restantes pensadores que, 35 anos mais tarde, fundaram a Royal Society (Kenny, 1999).

Bacon, analisando as influências a que está sujeito o nosso pensamento, refere quatro tipo de Ídolos (os Ídolos da Tribo, os Ídolos da Caverna, os Ídolos do Mercado e os Ídolos do Teatro), que contribuem para que a mente permaneça presa a erros e preconceitos, impedindo-a de interpretar correctamente a natureza (Abbagnano, 1982) <sup>32</sup>.

Para sair da via de contemplação improdutiva, libertando-se dos Ídolos e falsas avaliações, e empreender pela via correcta da investigação científica, Bacon alude ao terreno do campo experimental. Com efeito, o pensador considera que “a verdade não deve ser

procurada na boa fortuna de uma época, que é coisa passageira, mas na luz da natureza e da experiência, que são eternas” (s/d, p. 42).

Bacon considera que a inteligência humana precisa de instrumentos eficazes para compreender e dominar a natureza: “à semelhança das mãos, não pode efectuar nenhum trabalho sem um instrumento adequado” (Abbagnano, 1982, p. 23). Esses instrumentos da mente são as experiências que são pensadas e adaptadas tecnicamente ao fim pretendido <sup>33</sup>.

Com efeito, para termos um guia em que nos possamos apoiar, de um modo seguro e confiável, os sentidos por si só não são suficientes: “só os experimentos são os guardiões e os intérpretes das respostas daqueles” (Abbagnano, 1982, p. 23). Na realidade, a experiência representa, para Bacon, “o conúbio da mente e do universo” (idem) <sup>34</sup>.

Bacon defendia, tal como Aristóteles, que o conhecimento do mundo físico envolve duas fases importantes:

- a indução – em que são estabelecidos princípios gerais a partir de observações dos fenómenos;
- a dedução – em que são extraídas conclusões a partir de princípios gerais <sup>35</sup>.

Contudo, Bacon criticava Aristóteles no método indutivo. Este não era sistemático, uma vez que a recolha de informação era feita sem qualquer critério, nem rigoroso, pois a extracção de conclusões era precipitada e apenas eram considerados os casos favoráveis, o que levava à sua deficiente interpretação. Ora, para Bacon, a indução devia ser mais rigorosa e sistemática, uma vez que era mais importante que a dedução.

Assim, o filósofo criticava a preponderância concedida pelo aristotelismo à dedução. A teoria do silogismo dedutivo era utilizada em detrimento de um sistema de regras para o raciocínio indutivo (Cordón e Martinez, 1998b).

Para ajudar o intelecto na recolha e descrição dos factos particulares, Bacon recorre a auxiliares, a que chamou Tábuas e Coordenações de Instâncias (*Tabulae et coordinationes instauratiarum*), que, seguindo um método ou uma ordem, tornam as recolhas apropriadas às exigências do intelecto. Estes auxiliares, juntamente com a indução legítima e verdadeira, levam ao verdadeiro conhecimento científico (Bacon, s/d, p. 120) <sup>36</sup>.

O verdadeiro conhecimento científico é o “conhecimento das causas” das coisas naturais (idem, p. 112). Como Aristóteles, Bacon considera quatro causas dos seres: a material, a formal, a eficiente e a final <sup>37</sup>.

Embora Bacon critique insistentemente o modo como Aristóteles interpretava e utilizava a via da ciência, de um modo geral, não se afasta dele (Cordón e Martinez, 1998b).

Em suma, Francis Bacon preconizou para a ciência um método indutivista, que se baseia, fundamentalmente, em observações empíricas e no registo dessas observações em tábuas.

No dizer de Valadares (1995), “o indutivismo baconiano influenciou muitos filósofos empiristas nos séculos posteriores e deixou marcas no modo incorrecto como ainda hoje é vista a construção da ciência” (p. 96).

Já segundo Cordón e Martinez (1998b), a figura de Francis Bacon foi julgada de modos diferentes pelos historiadores da ciência e da filosofia. Os que o defendem afirmam que ele havia

colocado a humanidade no caminho certo para distinguir o conhecimento científico de todos os outros tipos de conhecimento - Kant fez uma citação de Bacon na introdução da edição revista da sua obra *Crítica da Razão Pura*. No século XVIII, Voltaire e os enciclopedistas franceses consideraram-no como tendo inaugurado o tipo crítico e científico de pensamento, o qual passaram as suas vidas a divulgar no continente europeu. Esta posição não se perderia até que Einstein e Popper introduzissem uma nova atitude da ciência no século XX. (Magee, 1998, p. 74)

Os que o criticam justificam-se com o facto de a sua concepção de ciência apresentar insuficiências se a compararmos com os avanços científicos metodológicos que na época se utilizavam. A este propósito, Cordón e Martinez (1998b) afirmam que Bacon ignorou o papel que a imaginação criadora desempenha na elaboração de hipóteses e nem tão-pouco considerou a importância que a matemática possui na formulação de leis e teorias científicas. Porém, os mesmos que o criticam também lhe atribuem qualidades, nomeadamente, reconhecem-lhe o “mérito indiscutível como crítico de preconceitos que impedem o progresso científico, como profeta que vislumbrou que o domínio do homem sobre a natureza viria da mão da ciência” (Cordón e Martinez, 1998b, p. 28). Segundo estes autores, Bacon é a “expressão eloquente do optimismo renascentista, da confiança na capacidade do homem para entender mais e mais o seu domínio sobre a natureza” (p. 25).

Na verdade, o filósofo

foi um dos primeiros a perceber que o conhecimento científico podia dar ao homem poder sobre a natureza e, por conseguinte, que o progresso da ciência podia ser usado para promover os planos humanos e a prosperidade numa escala inimaginável. (Magee, 1998, p. 74)

### 1.2.3 O empirismo versus racionalismo

O empirismo e o racionalismo são constantes ao longo da história da filosofia. Embora existam variantes em cada uma destas posições epistemológicas, as ideias centrais mantêm-se:

- no racionalismo a ideia fulcral é a de que a razão, o pensamento, é a única fonte própria ou, no mínimo, mais importante, do conhecimento humano;
- no empirismo, pelo contrário, são as experiências, percepções e sensações a serem as fontes únicas ou, no mínimo, fundamentais, de todas as nossas ideias que ficam, deste modo, circunscritas ao mundo empírico.

As raízes do racionalismo encontram-se nos matemáticos que formaram a Escola Pitagórica. Para eles, “todos os seres do Universo - o que são e a sua forma de comportar-se - são formuláveis matematicamente” (Cordón e Martinez, 1998a, pp. 23-24). Este pensamento influenciou aquele que, segundo Hessen (1987), é considerado o primeiro grande racionalista, Platão. De facto, ainda segundo Hessen (1987), o racionalismo de Platão é considerado um racionalismo transcendental, sendo a alma o princípio do conhecimento intelectual.

O fundamental do racionalismo de Platão é a contemplação das Ideias. Estas são universais, transcendentais, causas dos objectos sensíveis.

As Ideias platónicas (a justiça em si, a bondade em si, o homem em si, as diversas entidades em si) eram, para o filósofo, reais e, como tal, não acessíveis aos sentidos, que são incapazes de conduzir a um saber autêntico. Os sentidos funcionam como um estímulo, não são o fundamento do saber. Em Fédon, Platão refere o seguinte:

há alguma dose de verdade naquilo que os homens apreendem, por exemplo, através da vista ou do ouvido ou (...) nada do que vemos e ouvimos é seguro? (...) decerto (...) Por conseguinte, admitindo que a natureza das coisas possa em certo aspecto ser apercebida, não será justamente através do raciocínio? Claro. (2001, pp. 50-51).

Para o autor, a razão coloca-se como o único meio de alcançar a verdade, sendo o conhecimento verdadeiro diferente da sensação.

O racionalismo transcendental platónico esteve na base do racionalismo teológico de Santo Agostinho (354-430 d.C.). Nomeadamente, este aufere de Platão a noção de Ideia e do neoplatonismo a concepção da Ideia de que toda a existência tem origem divina (Kenny, 1999; Delius et al., 2001) <sup>38</sup>.

Santo Agostinho não se preocupou em traçar fronteiras entre a razão e a fé, considerando as duas como fontes de conhecimento, mas subordinando sempre a primeira à segunda: “Ele (Deus) é superior à razão” (1986, p. 100).

Para este pensador a teologia era a rainha de todas as ciências. A fé prolonga-se na razão, sendo preparada por ela, isto é, há que crer para compreender e compreender para crer.

Santo Agostinho considerou, igualmente, que ambas contribuíam para o esclarecimento da verdade, e esta verdade para o crente apenas poderia ser a verdade cristã, que provém de Deus <sup>39</sup>.

A teoria da natureza divina do conhecimento dominou o pensamento ocidental durante muitos anos e influenciou convincentemente o pensamento de futuros pensadores como Malebranche, no século XVII, e Gioberti, no século XIX, que passaram a utilizar Deus como garante da verdade acerca do conhecimento do mundo (Hessen, 1987).

Na Idade Moderna surge uma outra fonte de racionalismo fundado por Descartes (1596-1650) e prosseguido por Leibnitz (1646-1716): o racionalismo inatista. Segundo o qual são inatas determinadas ideias e princípios que servem de fundamento a todo o saber científico. O conhecimento da realidade pode deduzir-se a partir dessas ideias.

Qualquer ideia apresenta-se, em primeiro lugar, como sendo uma realidade do acto de pensamento, sendo por isso puramente subjectiva ou mental. Por outro lado, Descartes considera-a como objectiva na medida que representa um objecto; “as ideias são quadros ou imagens das coisas” (Abbagnano, 1982, p. 52). Assim, o problema que se coloca a Descartes, e que o pensador tenta resolver na sua investigação, é duplo. Por um lado, as ideias existem, pelo facto de possuímos pensamento, por outro, não temos a certeza do valor real do conteúdo objectivo delas (in Abbagnano 1982).

Correlativo ao racionalismo inatista temos o idealismo cartesiano em Descartes. Ao pensador não lhe interessa as qualidades subjectivas dos corpos, como o cheiro, a cor, etc., mas apenas as qualidades objectivas dos objectos, baseadas na extensão, no movimento, uma vez que estas se podem quantificar e existem independentemente do sujeito. As qualidades subjectivas apenas existem nos dados da nossa consciência.

Para Descartes, o pensamento recai sobre as ideias dos objectos e não sobre as coisas directamente. O filósofo, ao admitir as ideias inatas, considera-as com uma correspondência objectiva e real aos objectos.

Estas ideias procedem exclusivamente da razão. Com a sua origem em Deus (visto que tudo o que está em nós vem d’ Ele), a sua clareza e distinção são garantia da sua veracidade. As ideias inatas ou nasceram connosco ou são produzidas por nós, não têm intervenção dos sentidos. São exemplo dessas ideias, as ideias de Deus, de Alma e, em geral, todas as que representam essências verdadeiras, imutáveis e eternas.

Para além destas ideias, Descartes admite a existência das ideias adventícias, que provêm dos sentidos e do convívio com as outras pessoas, e factícias, que são produzidas pela imaginação. Estas últimas são consideradas ideias quiméricas, inventadas, confusas, obscuras, que não podem, por isso, servir de fundamento para a ciência (Beyssade, 1991).

Sobre este assunto, Descartes (1976) afirma que:

destas ideias parece-me que umas são inatas, outras adventícias, outras feitas por mim próprio. Porque para que eu compreenda o que é “coisa”, o que é “verdade”, o que é “pensamento”, parece-me que reside na minha própria natureza e que o não recebo de outra parte. Mas que eu ouça agora um ruído, que veja o Sol, que sinta o calor das chamas, isto, segundo julguei até agora, procede de certas coisas situadas

fora de mim. E por último, as sereias, os hipógrifos e seus semelhantes, são inventados por mim próprio. (p. 141)

O pensador, pondo em causa o conhecimento imposto pela autoridade da escolástica reinante e pela submissão do saber à tradição e às Sagradas Escrituras, procurou elaborar, desde a base, um sistema seguro do conhecimento, um método válido de ceder não apenas ao conhecimento verdadeiro, mas também, como ele afirmou, de elevar “ao mais alto ponto o que a mediocridade do meu espírito e a curta duração da minha vida me permitirão chegar” (Descartes, 1982, p. 6).

Descartes (1977) define o método como um conjunto de

regras certas e fáceis, pela observação exacta das quais se terá a certeza de nunca tomar um erro por uma verdade e, sem gastar com ele inutilmente as forças do seu espírito, mas acrescentando o seu saber por um progresso contínuo, de chegar ao conhecimento de tudo o que se for capaz. (p. 33)

O filósofo considera que o método deve conduzir o espírito no exercício das duas operações intelectuais fundamentais: a intuição e a dedução. E apercebeu-se de que, na matemática, encontrava demonstrações com carácter de rigor e de evidência (in Beyssade, 1991) e, por conseguinte, dedicou-se à análise do seu funcionamento, constatando que ela utiliza apenas a intuição e a dedução para fazer as suas demonstrações. Como menciona Descartes (1982): “agradavam-me sobretudo as matemáticas, por causa da certeza e da evidência das suas razões” (p. 9).

Tanto a intuição como a dedução são operações da razão que conduzem à verdade e à certeza nos nossos conhecimentos <sup>40</sup>.

Na obra *Regulae ad directionem ingenii*, Descartes expusera não apenas as regras fundamentais do método mas também as particularidades da sua aplicação. Enumerou assim 21 regras. Porém, na II parte do *Discurso do Método*, Descartes restringe-as apenas a quatro. São elas: a evidência, a análise, a síntese e, por último, a enumeração <sup>41</sup>.

Estas regras eram as utilizadas em matemática, e que Descartes pretendia aplicar noutros domínios, como ele próprio afirma:

essas longas cadeias de razões, inteiramente simples e fáceis, de que os géometras costumam servir-se para chegar às suas mais difíceis demonstrações tinham-me sugerido que todas as cousas que podem cair sob o conhecimento do homem se encadeiam da mesma maneira e que, contanto que simplesmente nos abstenhamos de aceitar como verdadeira nenhuma que o não seja, e que observemos sempre a ordem necessária para as deduções umas das outras, nenhuma pode haver tão afastadas a que não se chegue por fim, nem tão ocultas que não se descubram. (1982, p. 18)

O método cartesiano é, pois, racional, uma vez que se baseia em ideias trabalhadas pelo pensamento. Nele constata-se um duplo fluxo indutivo (correspondente à análise) e dedutivo (correspondente à síntese). Contudo, Descartes, como matemático que era, privilegiou a dedução à indução. Esta metodologia, eminentemente dedutiva, matemática e demonstrativa influenciou pensadores como Espinoza e Leibniz (Valadares, 1995).

Ao contrário de Descartes, Espinoza e Leibniz não concediam nenhuma importância à intuição, como fonte de conhecimento.

Um outro aspecto relevante em Descartes foi o facto de este ter procurado certezas mentais. Assim, para encontrar essa certeza fundamental, adoptou como método seguro de investigação em todas as ciências - a dúvida metódica. Este método consiste em considerar provisoriamente como falso aquilo que se quer submeter a uma análise. Descartes submete todo o saber a uma crítica radical. Ao duvidar de tudo deve-se depois chegar a algo de que não se possa duvidar. Esse princípio deverá, então, ser considerado o fundamento de todos os outros conhecimentos.

A este propósito, Beyssade (1991) afirma o seguinte:

Descartes, querendo construir uma ciência certa, começa por duvidar de tudo. A certeza, com efeito, não é imediata. O certo é o indubitável, é o que resiste à dúvida, a uma dúvida que é preciso praticar, exercer como um trabalho, ensaiar, a fim de descobrir o que ela não consegue abalar. É neste sentido que a dúvida de Descartes é metódica: é um meio utilizado para descobrir o certo. Se é provisória, é porque o meio chega ao seu fim e uma verdade resiste ao ataque da dúvida. (p. 33)

Descartes pretendia descobrir uma primeira verdade que resistisse à dúvida e que, como tal, fosse uma verdade primeira, absolutamente segura. Era sua intenção encontrar um ponto de partida que fosse capaz de resistir ao cepticismo mais radical.

Sobre este pensamento de Descartes, Koyré (1986) tem a seguinte afirmação:



o céptico será vencido pelas suas próprias armas. Duvida ... Pois bem! Vamos ensinar-lhe a duvidar. A nossa dúvida não será um estado – estado de uma incerteza negligente – será uma acção, um acto livre, voluntário, e que levaremos às últimas consequências. Dúvida-estado, dúvida-acção: a ruptura é profunda. E, no fundo, a vitória (...) está já alcançada. Porque a dúvida, o céptico e Montaigne sofrem-na. Descartes exerce-a. Ao exercê-la livremente, dominou-a. E assim se libertou dela. (p. 51)

Assim Descartes leva o processo da dúvida – utilizado pelos cépticos para desacreditarem o conhecimento – aos mais extremos limites, colocando tudo em dúvida, mas com o objectivo de encontrar uma certeza indubitável, que funcione como uma pedra de toque da verdade: o que lhe resistiu terá forçosamente de ser considerado verdadeiro. Mas embora, o pensador utilize a dúvida dos cépticos, não se identifica totalmente com os mesmos, como se deduz das suas próprias palavras:

não que imitasse por isso os cépticos, que duvidam apenas por duvidar e afectam ser sempre irresolutos; porque, pelo contrário, todo o meu intuito era conquistar a certeza e rejeitar a terra movediça e a areia, para encontrar a rocha ou a argila. O que me deu muito bom resultado, (...) tanto mais que, procurando descobrir a falsidade ou a incerteza das proposições que examinava, não por fracas conjecturas, mas por raciocínios claros e seguros, não encontrava nenhuma tão duvidosa que delas não tirasse sempre alguma conclusão bastante certa, quando mais não fosse a de não cometerem nada de certo. É como ao derrubar uma velha habitação se guardam habitualmente os escombros para com eles construir uma nova, assim ao destruir todas as minhas opiniões que julgava mal fundadas fazia diversas observações e coligia muitas experiências, que me serviriam para estabelecer outras mais certas. (Descartes, 1982, p. 25)

Neste processo de duvidar de tudo, Descartes encontra, resistindo a toda a dúvida, o cogito, a actividade da consciência, o eu pensante. Ao duvidar de todas as coisas, impõe-se como necessário que o “eu” que cogita, existe.

Segundo o texto do próprio filósofo:

e há muito tinha notado que, pelo que respeita à conduta, é necessário algumas vezes seguir, como indubitáveis, opiniões que sabemos serem muito incertas, (...). Mas, agora que resolvera dedicar-me apenas à procura da verdade, pensei que era forçoso que eu fizesse exactamente o contrário, e rejeitasse, como absolutamente falso, tudo aquilo em que pudesse imaginar a menor dúvida, a fim de ver se, após isso, não ficaria alguma coisa na minha crença que fosse inteiramente indubitável (...) logo a seguir, notei que, enquanto assim queria pensar que tudo era falso, eu, que assim o pensava, necessariamente era alguma coisa. E verificando que esta verdade: penso, logo existo, era tão firme e tão certa que todas as extravagantes suposições dos cépticos seriam impotentes para a abalar, julguei que a podia aceitar, sem hesitação, para primeiro princípio da filosofia que procurava. (Descartes, 1982, pp. 28-29)

A existência, como sujeito pensante, não é apenas a primeira verdade, a primeira certeza, mas constitui o ponto firme e inabalável em que Descartes vai assentar o seu sistema e sobre o qual vai reconstruir o conhecimento da realidade. A existência como sujeito pensante é absolutamente indubitável porque a entende com toda a clareza e distinção. Assim, Descartes estabelece o seu critério de certeza: “tudo quanto perceber com igual clareza e distinção será verdadeiro e, portanto, poderei afirmá-lo com inquebrantável certeza” (Hessen, 1987, p. 58). Na verdade, Descartes afirma:

considerarei duma maneira geral o que é indispensável a uma proposição para ser verdadeira e certa; porque, como acabava de encontrar uma com esses requisitos, pensei que devia saber também em que consiste essa certeza. E tendo notado que nada há no eu penso logo existo, que me garanta que digo a verdade, a não ser que vejo muito claramente que, para pensar, é preciso existir, julguei que podia admitir como regra geral que é verdadeiro tudo aquilo que concebemos muito clara e distintamente; havendo apenas alguma dificuldade em notar bem quais são as cousas que concebemos distintamente. (1982, pp. 28-29)

Segundo Hessen (1987), o desenvolvimento da consciência humana preconizado por Descartes pede uma saudável atitude céptica, um cepticismo metódico, que se exerça não como um fim mas como um meio, um cepticismo em que a dúvida esteja ao serviço da razão. O cepticismo metódico, como atitude crítica da razão, encontramos-lo nitidamente em Descartes, como dúvida metódica. O cepticismo metódico consiste em colocar em dúvida tudo o que se apresenta à consciência natural como verdadeiro e certo, para eliminar, deste modo, tudo o que é falso e chegar a um saber absolutamente seguro.

Para Cordón e Martinez (1998b), “o escalonamento dos motivos para duvidar apresentados por Descartes faz com que a dúvida adquira a máxima radicalidade” (p. 57).

A mais óbvia razão que nos leva a duvidar dos nossos conhecimentos são os sentidos. A observação directa muitas vezes engana-nos e dificilmente podemos ter a certeza de facto que as coisas são como parecem ser, por mais desperto e alerta que o estado de espírito possa estar <sup>42</sup>.

No fim do Discurso do Método, propriamente na sexta parte, Descartes revela-se consciente dos limites das suas possibilidades. Estes devem-se sobretudo a dois factores: “à

brevidade da vida e à falta de um número suficiente de experiências” (Abbagnano, 1982, p. 68).

Numa primeira etapa, Descartes procurou encontrar os princípios gerais ou primeiras causas para explicar os fenómenos que ocorriam na natureza, servindo-se “de certas sementes de verdades que existem nas nossas almas” (1982, p. 51), para depois deduzir que efeitos se podem deduzir dessas causas. Depois, quando quis “descer até às mais particulares” (idem), ou seja, à explicação da existência dos corpos particulares, o filósofo teve então de procurar as causas dos efeitos e lançar-se, para isso, “de muitas experiências particulares” (idem). A experiência aparece, deste modo, como um papel confirmador da razão, que no seu labor dedutivo vai construindo o real. Todo o processo do conhecimento tem um carácter predominantemente dedutivo, a experiência só é chamada a interferir na última das suas etapas (1ª etapa – a intuição, 2ª etapa – a dedução e 3ª etapa – a experiência).

Por vezes, os fenómenos podem ser explicados de maneira diferente, fundados nos mesmos princípios. Neste caso, a experiência irá decidir qual a explicação verdadeira, ela serve, então caso, como desempate das opiniões. Neste ponto, a experiência para Descartes é a experiência crucial de Bacon, é ela que decide.

Para Descartes, o principal sentido a atribuir à experiência é a confirmação da doutrina científica, contrariamente o que acontece com Galileu, que atribui à experiência uma importância mais significativa (Abbagnano, 1982), considerando-a o fundamento do conhecimento humano, mas também o seu limite.

Abbagnano (1982) considera que, por um lado, Descartes contribui para a explicação mecânica do mundo natural e, por outro estabelece o princípio da subjectividade racional do homem - primeiro pressuposto do pensamento moderno.

Ainda mais do que Bacon e Galileu, Descartes foi uma figura fundamental ao convencer as pessoas de que a certeza do conhecimento do mundo é possível. Para a obter, basta utilizar o método “certo” (cartesiano) e construir uma ciência inexpugnável que nos daria não apenas um conhecimento sólido como confiante (Kenny, 1999).

Koyré, termina o seu livro *Considerações sobre Descartes* tecendo algumas reflexões sobre o método utilizado por este pensador. De facto, considera que, por um lado, o método das ideias claras e simples não trouxe ao homem a segurança que Descartes pretendia e explícita a este propósito, que “não pode reconstruir em ordem todo o real. O real é mais rico do que Descartes julgou” (1986, p. 92). Por outro lado, é um método em que a procura da clareza “é penosa e difícil” (1986, p. 92), isto porque destrói as antigas certezas, os ídolos do pensamento, “é o preço que se paga para atingir o verdadeiro” (1986, p. 92).

Porém, Koyré (1986) ressalva que a sua mensagem é hoje em dia muito actual. De facto, afirma:

hoje, quer dizer, numa época em que o pensamento humano, renegando o seu valor e a sua dignidade, se proclama simples manifestação do social, ou ainda, simples função da vida; numa época em que num mundo que de novo se tornou incerto, vemos o homem procurar a todo o preço uma nova certeza, pagando-a alegremente com a sua liberdade, e com a da sua própria razão; numa época de mito renascente e de autoridade infalíveis, precisamos mais do que nunca de obedecer ao preceito cartesiano que nos impede de admitir como verdadeiro outra coisa que não seja o que com toda a evidência vemos sê-lo; e permanecer fiéis à mensagem cartesiana que, proclamando o valor supremo da razão e da verdade, nos impede que nos submetamos a uma autoridade qualquer, que não seja a razão e a verdade. (p. 93)

Partilhamos o ponto de vista de Valadares (1995) quando atribui ao método cartesiano uma especial importância. Isto porque, se seguíssemos Descartes, colocando em causa aquilo que pensamos que sabemos, não cairíamos em concepções incorrectas, como por vezes sucede.

Recentemente, Damásio (1995), na sua obra literária *O Erro de Descartes*, criticou o filósofo por este considerar uma separação entre a mente e o corpo. Damásio (1995) afirma que

é este o erro de Descartes: a separação abissal entre o corpo e a mente, entre a substância corporal, infinitamente divisível, com volume, com dimensões e com um funcionamento mecânico, por um lado, e a substância mental, indivisível, sem volume, sem dimensões e intangível; a sugestão de que o raciocínio, o juízo moral e o sofrimento adveniente da dor física ou agitação emocional poderiam existir independentemente do corpo. Em concreto: a separação das operações mais refinadas da mente, para um lado, e da estrutura e funcionamento do organismo biológico, para outro. (p. 255)

Segundo Damásio (1995), ainda hoje este erro continua a prevalecer, tendo influenciado diversas investigações. Nesta linha de pensamento, o autor explicita que

para muitos, as ideias de Descartes são consideradas evidentes em si mesmas, e sem necessitarem de alguma reavaliação. Pode bem ter sido a ideia cartesiana de uma mente separada do corpo que esteve na origem, pelo meio do século XX, da metáfora da mente como programa de software. De facto se a mente pode ser separada do corpo, talvez fosse possível compreendê-la sem recorrer à neurobiologia, sem qualquer necessidade de saber neuroanatomia, neurofisiologia e neuroquímica. (...) A separação cartesiana pode estar também subjacente ao modo de pensar de neurocientistas que insistem que a mente pode ser explicada em termos de fenómenos cerebrais, deixando de lado o resto do organismo e o meio ambiente físico e social. (p. 256)

Partilhamos a opinião de Damásio (1995) que é contra a restrição da mente à actividade cerebral. Não porque não exista ligação entre elas, mas porque esta formulação restritiva não é completa. Trata-se de “um facto incontestável que o pensamento provém do cérebro, mas prefiro enquadrar esta afirmação e considerar as razões por que os neurónios conseguem pensar tão bem”, afirma Damásio (1995, p. 256).

Recentemente, este pensamento é partilhado por Novak (2000), que defende a ideia de que “o ser humano pensa, sente e age e tudo isto se combina para formar o significado das experiências” (p. 9).

Um outro filósofo do século XVI-XVII que é evidenciado por diversos autores, pelo trabalho que realizou, é Leibniz (1646-1716). Para este pensador alemão, tal como para Descartes, o Universo era também explicado segundo bases racionais. Para Leibniz existe um número infinito de substâncias que compõem o mundo. Estas denominam-se mónadas (do grego monas = unidade), e são os componentes elementares de todas as coisas, incluindo Deus. As mónadas criadas são derivações directas de Deus, que é perfeito, possuindo estas, no entanto, a limitação e a imperfeição de seres criados <sup>43</sup>.

A propósito das mónadas, Strathern (2002) alude que

Leibniz via estas mónadas como almas: são metafísicas, imortais e cada uma delas é única. Cada mónada é «desprovida de janelas» na medida em que não tem percepção ou efeito nas mónadas à sua volta; no entanto, ao mesmo tempo diz-se que cada mónada reflecte o Universo. Juntas, existem numa hierarquia exaustiva. (p. 30)

Leibniz argumentava que existem dois tipos de verdades: verdades de facto e verdades de razão. As primeiras derivam de Deus, por necessidade física ou moral, e as segundas incluem os grandes princípios matemáticos, que derivam de Deus por necessidades metafísicas <sup>44</sup>.

Em antítese ao método cartesiano, Leibniz apresenta a versão de um método científico no qual predomina a análise racional e a redução. Neste método está implícito a análise (da palavra grega “dissolução”) de conceitos e a sua decomposição em elementos mais simples, os quais são expressos como definições.

Os princípios do conhecimento formulados pelo pensador levaram-no a uma concepção do mundo oposta à cartesiana. Na realidade, “em vez da visão mecanicista do mundo de Descartes, Leibniz propunha uma imagem dinâmica que envolvia energia cinética” (Strathern, 2002, p. 18).

Leibniz constrói uma concepção dinâmica do universo contra uma concepção geométrica e mecânica. Nesse sentido, os corpos não são máquinas que se movem mas são forças vivas. A expressão “vis viva” de um objecto introduzida por Leibniz e que significa “força viva” dependia da sua massa e da sua velocidade.

Em resumo, para os racionalistas do século XVII, destacam-se algumas características (Valadares, 1995, p. 91):

- a razão divina está na criação das ideias que a mente humana produz;
- o garante da verdade acerca do que existe encontra-se em Deus;
- a matemática não serve de base para encontrar uma razão explicativa única para todo o conhecimento, uma vez que se encontra isolada da realidade. Com efeito, o seu rigor e exactidão provêm do facto de trabalhar com entes que não existem na Natureza, particularmente, o triângulo, o ponto ou a circunferência;
- se se aplicassem os métodos utilizados pelos matemáticos às tentativas humanas de compreender o mundo, este poderia ser explicado;
- não aceitavam que a génese das ideias estivesse nas impressões sensoriais.

Ao contrário dos racionalistas, os empiristas consideram a experiência como fonte de todas as nossas ideias. O primeiro filósofo da escola empirista inglesa é John Locke (1632-1704), e a linha por ele inaugurada continua e radicaliza-se sucessivamente em Berkeley, Hume e Condillac.

Locke é considerado o primeiro pensador moderno a ocupar-se de temas do âmbito das ciências humanas, e não no campo da física e da matemática, como era então corrente <sup>45</sup>. Na sua obra *Ensaio sobre o Entendimento Humano* John Locke recusa todas as formas de inatismo, assim como todo o pensamento a priori, pois, se a verdade é inata no nosso espírito, não valem de nada a observação e a experiência.

São inúmeras as passagens nesta obra <sup>46</sup> que evidenciam a sua posição anti-inatista:

primeiro, os sentidos deixam entrar as ideias particulares e com elas como que abastecem um armário ainda vazio; depois, o espírito gradualmente vai-se familiarizando com elas, alojando-as na memória e dando-lhes nomes; por último, faz sobre elas abstrações e pouco a pouco, aprende a usar nomes gerais. Desta maneira, o homem se fornece com as ideias e as palavras que constituem o material sobre que actua a sua faculdade discursiva. (...) Mas, embora o emprego das ideias gerais e dos termos que as representam cresça ao mesmo tempo que o uso da razão, nem por isso se conclui que aquelas são inatas. É certo que o conhecimento de certas verdades se verifica muito cedo; mas isso também não prova que seja inato, pois, se bem observamos, verificaremos que ele é formado por ideias adquiridas e não originárias. (Locke, 1999a, pp. 39-40)

Tal como Descartes, Locke considera que o objecto do conhecimento são as ideias. Assim, conhecer é uma relação entre ideias. Ideia no sentido de “tudo aquilo que a mente percebe em si mesma, tudo o que é objecto imediato de percepção, de pensamento ou de entendimento” (1999a, p. 156).

Todas as nossas ideias vêm do exterior <sup>47</sup>; todo o conhecimento que possuímos provém da experiência, “o conhecimento da existência de todas as coisas fora de nós (...) unicamente se obtém pelos sentidos” (1999b, p. 929).

A nossa mente é como uma tábua rasa, onde a experiência sensível escreve. Nada passa pelo nosso intelecto sem que tenha vindo primeiro pelos nossos órgãos sensoriais. Eis as palavras do próprio filósofo:

suponhamos então que a mente seja, como se diz, um papel branco, vazio de todos os caracteres, sem quaisquer ideias. Como chega a recebê-las? De onde obtém esta prodigiosa abundância de ideias, que a activa e ilimitada fantasia do homem nele pintou, com uma variedade quase infinita? De onde tira todos os materiais da razão e do conhecimento? (...) da experiência. Aí está o fundamento de todo o nosso conhecimento; em última instância daí deriva todo ele. (1999a, p. 106)

O grande objectivo deve ser, pois, segundo o filósofo, “conhecer a génese das nossas ideias a partir da experiência” (Valadares, 1995, p. 96). Este foi, também, um dos grandes objectivos do trabalho que viria a ser desenvolvido no século passado pela Psicologia Genética (idem).

Locke considera a existência de duas fontes de conhecimento, “de onde brotam todas as ideias que temos ou podemos naturalmente ter” (1999a, p. 107). São elas: a percepção externa, adquirida através dos nossos sentidos, e a percepção interna, referente às operações da nossa alma (mente) sobre as ideias que captamos por meio dos sentidos. À primeira fonte de conhecimento, Locke chama sensação (“impressão provocada pelo corpo que produz percepção no entendimento” (1999a, p. 125), e inclui nessa categoria as ideias de cor, frio, quente, doce, amargo, entre outras qualidades sensíveis. À outra fonte, o filósofo chama reflexão e inclui as ideias de pensar, duvidar, raciocinar, entre outras (idem, p. 108).

Conhecer é, para Locke, perceber uma relação entre as nossas ideias <sup>48</sup>. Como afirma o pensador, “o conhecimento não é outra coisa senão a percepção da conexão e do acordo ou do desacordo e da oposição em quaisquer das nossas ideias” (1999b, p. 719). Neste ponto, Locke, seguindo Descartes, valoriza o sujeito do conhecimento.

Para os empiristas, a experiência é a génese do conhecimento, mas também é, igualmente, o limite ao conhecimento. Esta limitação é dupla: por um lado, quanto à sua extensão, “conhecemos apenas aquilo que a experiência nos mostra, e a experiência só nos mostra um conjunto de qualidades sensíveis” (Córdon e Martinez, 1998b, p. 77); por outro lado, quanto à sua certeza, “só podemos ter certeza acerca daquilo que cai dentro dos limites da experiência” (Córdon e Martinez, 1998b, p. 74).

Porém, Locke considera a existência de um tipo de verdades independentes da experiência e que são consideradas universalmente válidas: as verdades matemáticas <sup>49</sup>. A



este propósito, o filósofo afirma o seguinte: “o conhecimento que temos das verdades matemáticas não é somente um conhecimento certo, mas real” (1999b, p. 777) <sup>50</sup>.

Locke fala em dois meios para o espírito se encontrar na posse da verdade: o conhecimento actual e o conhecimento habitual. O conhecimento actual é de natureza temporal e psicológico, e tem a ver com a percepção presente que o espírito tem do desacordo ou acordo de algumas ideias ou mesmo da relação que estas têm entre si. Trata-se de um conhecimento intuitivo.

O conhecimento habitual tem a ver com o facto de uma determinada proposição ter estado já anteriormente presente no espírito, e ele, tendo percepcionado o acordo ou desacordo das ideias que a constituem, alojou-a na memória, de tal modo que, sempre que volta a reflectir sobre essa proposição, o homem, sem dúvida nem hesitação, lhe dá o seu acordo, adere a ela e está convicto da sua verdade (1999b, pp. 719-728) <sup>51</sup>.

A intuição, a demonstração e a sensação são processos que o homem tem relativamente ao modo de conhecer. Por exemplo, temos um conhecimento intuitivo da nossa própria existência, um conhecimento demonstrativo de Deus, um conhecimento sensitivo da existência de todas as outras coisas. Como o próprio Locke refere, são os graus do nosso conhecimento; qualquer outro processo que não possa reconduzir-se a um deles, seja qual for a segurança com que se receba, não é senão fé ou opinião; não é conhecimento, pelo menos se se tratar de uma verdade geral (1999b, pp. 729-772).

Quando Locke aborda o problema da extensão do nosso conhecimento, menciona as três vias pelas quais podemos ter a percepção do acordo ou do desacordo das nossas ideias. Assim, menciona que essa percepção pode ser alcançada quer pela intuição, quer pela razão, quer por sensação (1999b, p. 741) <sup>52</sup>.

Com a sensação e a intuição compreendemos muito pouco. Para Locke, a maior parte do nosso conhecimento depende das ideias intermédias e das deduções. Nessa descoberta a razão desempenha um papel importante. Nos casos em que se substitui o assentimento pelo conhecimento e a considerar as proposições como verdadeiras, sem ter a certeza de que seja assim, existe a necessidade de descobrir e examinar o âmago da sua probabilidade. Em

ambos os casos, a razão aparece como a faculdade que permite descobrir não apenas os meios como ainda os aplica devidamente para descobrir a certeza, ou a probabilidade (1999b, pp. 929-954).

A razão, apesar de penetrar “nas profundidades do mar e da terra e elevar os nossos pensamentos tão alto como as estrelas”, falha em vários casos, por exemplo: (1) quando as nossas ideias nos faltam (1999b, p. 946); (2) quando se encontra atrapalhada e embaraçada devido à confusão das nossas ideias (1999b, p. 947); (3) quando o espírito, partindo de princípios falsos, se enreda em dificuldades e se vê perante contradições (1999b, p. 947).

Locke não acreditava, como Descartes acreditou, em duas ideias fundamentais: o conhecimento científico do mundo possui a mesma exactidão que a matemática, e o conhecimento deriva de uma lógica dedutiva a partir de premissas indubitáveis (Magee, 1998). Segundo Locke, o nosso conhecimento constrói-se, pouco a pouco, sobre o que absorvemos pelos sentidos, deixando espaço para o erro: “o erro não é uma falta do nosso conhecimento, mas um engano do nosso juízo, dando assentimento àquilo que não é verdadeiro” (1999b, p. 981).

Generalizamos pela experiência - por um processo indutivo - mas, por vezes, generalizamos incorrectamente, daí que precisemos de ter isso em conta. Nesta linha de pensamento, Magee (1998), a propósito de Locke, afirma:

de vez em quando, uma observação directa demonstra estar errada, mesmo depois de ter sido verificada por outros. Por isso, até mesmo o conhecimento mais cuidadosamente construído edificado através da observação não é absolutamente certo: é apenas provável. Às vezes, pode até estar errado, por isso, segundo Locke, se quisermos manter o princípio de que as nossas crenças sobre as coisas precisam de ser baseadas em provas, temos que estar dispostos a mudar as nossas crenças à luz das evidências variáveis. (p. 106)

Esta exigência de Locke, relativa ao modo de encarar as crenças, reflectir-se-á não apenas na sua filosofia, mas também nas suas ideias sobre questões políticas, educativas e científicas <sup>53</sup>.

Um outro aspecto criticado por Locke tem a ver com os silogismos, tão utilizados na Idade Média e recusados na Idade Moderna, tanto pelos empiristas como pelos racionalistas.

Locke afirma que os mesmos são métodos artificiais de raciocinar mais próprios para embaraçar a mente do que para instruir o conhecimento. Esta maneira de raciocinar não descobre novas provas, mas é uma arte de ordenação de ideias já anteriormente possuídas, sendo um método mais próprio para alcançar a vitória na disputa do que para encontrar provas e fazer novas descobertas ou confirmar a verdade nas investigações sérias <sup>54</sup>.

O filósofo irlandês Berkeley (1685-1753) analisou a teoria de Locke, tendo observado algumas incongruências. O resultado manifesta-se, por exemplo, na ideia de que tudo o que os seres conscientes experimentam é o conteúdo da sua consciência. Não existe nada para além dela (Kenny, 1999; Delius et al., 2001).

Berkeley concorda com Locke que todo o conhecimento deriva da percepção sensível. Contudo, diverge dele quando afirma que não existe nada separado da experiência. Se conhecemos as ideias dos objectos, conhecemos os objectos, não tem sentido dizer que são representações deles. Não existem duas realidades como pretendia Locke, mas uma só, as ideias ou percepções.

A este propósito, afirma Kenny (1999): “ao contrário de Locke, Berkeley permite que as qualidades pertençam genuinamente aos objectos e que se possa genuinamente conhecer a existência dos objectos dos sentidos” (p. 302).

O ser das coisas é o facto de serem percebidas. Não existem bases para acreditar na existência de mais nada. Tal como afirma Delius et al. (2001), citando Berkeley, “existir é ser percebido” (p. 56). Essa é a realidade objectiva do mundo externo. Também Hessen (1987), a este propósito, cita Berkeley:

a pena que tenho agora na mão não é, deste modo, outra coisa que um complexo de sensações visuais e tácteis. Por detrás destas não se encontra nenhuma coisa que as provoque na minha consciência, se não que o ser da pena se esgota no seu ser apercebido. (p. 103)

Uma outra questão que se colocava a Berkeley tinha a ver com a origem das ideias. Para Locke estas provêm de uma realidade exterior, distinta das ideias, enquanto que para Berkeley a nossa mente recebe-as de Deus. Deus é a causa das nossas ideias. Segundo

Berkeley, cabe a Deus o papel de constituir a base das nossas ideias. Por isso dizemos que o seu idealismo, além de ser subjectivo ou psicológico, também é teológico <sup>55</sup>.

O filósofo que conseguiu, através da sua obra, mostrar mais claramente as consequências dos pressupostos empiristas foi David Hume (1711-1776). Para David Hume, tal como John Locke e os demais empiristas, todo o conhecimento começa com a experiência. Os dados ou impressões sensíveis são as unidades básicas do conhecimento. Contrariamente a Locke e Berkeley, Hume não utiliza a palavra ideia para se referir a tudo aquilo que conhecemos, tendo-a reservado para designar somente alguns conteúdos do conhecimento.

Assim, Hume divide o conteúdo do conhecimento em duas espécies de estados de consciência ou percepções da mente humana: impressões e ideias. A diferença entre elas reside “nos graus de força e vivacidade com que afectam a mente e abrem caminho para o nosso pensamento ou consciência” (Hume, 2001, p. 29). Às mais fortes, o pensador chama-lhes impressões; as mais fracas designa-as por pensamentos ou ideias <sup>56</sup>.

A impressão dá-nos a realidade. A ideia, qualquer que ela seja, tem a sua origem numa impressão. Como menciona Hume (2001), “todas as nossas ideias simples no seu primeiro aparecimento derivam das impressões simples que lhes correspondem e que elas representam exactamente” (p. 32).

Uma ideia, para ser genuína, tem de ser uma cópia de uma impressão prévia. Porém, existem diferenças entre elas. Neste sentido, Hume (2001) afirma: “todas as nossas ideias são cópias das nossas impressões (...) as impressões são claras e precisas, (...) a ideia é mais fraca e mais ténue do que a impressão” (p. 107).

Deste modo, o critério de validade do nosso conhecimento resume-se ao seguinte: uma ideia, um conhecimento, só é considerada válida se conseguirmos indicar a impressão ou impressões de que deriva. A toda e qualquer ideia tem de corresponder uma impressão sensível. Se não existir correspondência há falsidade. As impressões não são apenas o critério de validade do conhecimento humano, são igualmente o seu limite. Não podemos

afirmar nenhuma coisa ou realidade da qual não temos qualquer impressão sensível (como por exemplo, as ideias acerca de Deus). Não podemos conhecer Deus ou saber se ele existe, porque o nosso conhecimento limita-se ao que recebemos através das nossas impressões sensíveis. Hume critica fortemente os filósofos que defendem que “todas as coisas estão cheias de Deus, (e ...) nada existe a não ser por sua vontade, de que nada possui algum poder excepto por sua concepção” (Hume, 1998, p. 72).

A propósito da existência da realidade exterior dos corpos, Hume (2001) afirma:

não há impressão ou ideia alguma, de que tenhamos qualquer consciência ou memória, que não seja concebida como existente; e evidentemente que desta consciência se deriva a mais perfeita ideia e convicção do ser. (...) jamais nos lembramos de uma ideia ou impressão sem lhe atribuir a existência, a ideia de existência ou tem de ser tirada de uma impressão distinta, conjugada com toda a percepção ou objecto do nosso pensamento, ou tem de se identificar inteiramente com a ideia da percepção ou objecto. (...) A ideia de existência identifica-se (...) com a ideia daquilo que concebemos como existente. Reflectir simplesmente sobre uma coisa qualquer não difere em nada de reflectir nela como existente. Essa ideia, quando conjugada com a ideia de qualquer objecto, nada lhe acrescenta. Tudo o que concebemos, concebemo-lo como existente. (...) Nada é realmente presente ao espírito a não ser as suas percepções ou impressões e ideias, e que os objectos exteriores se nos tornam conhecidos apenas mediante as percepções por eles ocasionados. Odiar, amar, pensar, sentir, ver, tudo isto não é senão perceber. Ora, visto que nada está presente ao espírito a não ser as percepções e visto que todas as ideias derivam de algo que esteve anteriormente presente ao espírito, segue-se que nos é impossível conceber ou formar uma ideia de algo especificamente diferente das ideias e das impressões. (pp. 99-101)

Neste contexto, desenha-se um cepticismo acerca da possibilidade que o homem tem de conhecer qualquer realidade que seja exterior e autónoma ao sujeito cognoscente, isto porque, o que conhecemos são as ideias procedentes das percepções do mundo exterior e que assentam no interior do sujeito <sup>57</sup>. Entre as percepções não existem ligações reais mas apenas uma sucessão ou continuidade entre elas.

O pressuposto defendido por Hume, de que é impossível distinguir os objectos das sensações que eles emanam, influenciou vários filósofos do século passado, nomeadamente a visão positivista.

Apenas conhecemos as percepções, ficando a realidade reduzida a meros fenómenos - fenomenismo de Hume. Este fenomenismo está associado a um certo cepticismo considerado moderado. Com efeito, Hume defende que, para além da matemática, não

podemos estar certos de nada, antes pelo contrário, “devemos manter as nossas opiniões e expectativas com desconfiança, sabendo que elas são falíveis, e devemos respeitar as dos outros” (Magee, 1998, p. 116).

A nossa consciência relativa à limitação do conhecimento é traduzida, pelo próprio Hume (1998), do seguinte modo:

deve certamente admitir-se que a natureza nos reteve a uma grande distância de todos os seus segredos e nos proporcionou apenas o conhecimento de algumas qualidades superficiais dos objectos, enquanto esconde de nós os poderes e princípios de que depende inteiramente a influência desses objectos. Os sentidos informam-nos da cor, do peso e da consistência do pão, mas nem o sentido nem a razão nos podem alguma vez informar das qualidades que o preparam para o alimento e sustento do corpo humano. (...) Mas, apesar desta ignorância dos poderes e princípios naturais, presumimos sempre, ao vermos qualidades sensíveis semelhantes, que elas têm poderes secretos similares e esperamos que delas se seguirão efeitos análogos ao que experimentámos. (...) Ora, é este um processo da mente ou pensamento do qual, eu, de bom grado, conheceria o fundamento. (p. 37)

Além da distinção entre ideias e impressões, Hume refere dois tipos de conhecimentos: conhecimento de Relações de Ideias e conhecimento de Questões de Facto. Relativamente ao primeiro tipo de conhecimento, este consiste em analisar o significado dos elementos de uma proposição, em estabelecer relações entre as ideias que ele contém <sup>58</sup>.

O segundo tipo de conhecimento - questões de facto - implica um confronto das proposições com a experiência. Este conhecimento é constituído por proposições cujo valor de verdade tem de ser testado pela experiência. O conhecimento que tenho de que agora estou a escrever, de que há pouco escutava música, é um conhecimento de factos. A análise do conhecimento será a análise do conhecimento factual. Este tipo de conhecimento é próprio das ciências naturais, como a física, e das ciências sociais. Hume insiste neste último conhecimento.

Para o autor, o facto das matemáticas não precisarem de confronto com a experiência, só revela que tal conhecimento não se refere à realidade e apenas relaciona ideias. O conhecimento matemático só se aplica à realidade quando relacionado com premissas factuais.

Os raciocínios inerentes à questão de facto, segundo Hume, assentam na relação de causa e efeito. Segundo o pensador, “só mediante esta relação podemos ir além do testemunho da nossa memória e dos nossos sentidos” (Hume, 1998, p. 32)<sup>59</sup>.

De acordo com Hume, nós inferimos uma relação de causa e efeito pelo motivo de nos termos habituado a constatar uma relação constante entre factos semelhantes ou sucessivos. É apenas o hábito, o costume que nos permite ir além do que está presente na experiência em direcção ao futuro <sup>60</sup>. Tal como refere o autor, “todos os nossos raciocínios sobre as causas e efeitos não provêm doutra coisa senão do hábito; e a crença é mais propriamente um acto da parte sensitiva do que a parte cogitativa da nossa natureza” (Hume, 2001, p. 227). Ainda sobre a crença, o autor acrescenta que esta “não é senão uma concepção mais vivida e intensa de uma ideia” (2001, p. 158).

A razão humana é impelida a criar a ficção de uma ligação necessária ou causal por força de hábito. Esta ficção não só é útil no nosso dia-a-dia, como também é nela que se baseiam as ciências naturais ou experimentais. A crença na ideia de causalidade tem um fundamento não racional. Esta ideia não provém da razão, mas de factores psicológicos – a vontade de que o futuro seja previsível e, portanto, controlável. As coisas têm acontecido segundo uma certa ordem, mas podem deixar de acontecer. Por conseguinte, torna-se impossível fazer previsões rigorosas e absolutas. Hume ataca profundamente as convicções racionalistas, não apenas acerca do conhecimento, mas na convicção dos cientistas sobre a existência objectiva das leis da natureza.

Ele argumenta, contra os racionalistas, que o conhecimento científico não é como o conhecimento matemático, não é um conhecimento demonstrativo mas procede da experiência. Relativamente à objectividade das leis naturais, defendida por não-racionalistas como Locke e Newton, Hume argumenta que qualquer generalização, baseando-se em factos passados e pretendendo transpor para o que ainda não foi objecto de experiência, é incerta. O que aconteceu não serve como fundamento seguro da previsão do que ainda não aconteceu. Podemos aqui falar num certo cepticismo, no sentido de que o nosso conhecimento não é certo e seguro <sup>61</sup>.

O princípio da causalidade é uma crença subjectiva criada pelo hábito - um resumo das nossas experiências passadas - pode ser desmentido pela experiência futura. O princípio da causalidade - base fundamental da investigação e explicação científicas - não tem valor objectivo. Não podemos estar certos de nada.

Após a filosofia de Hume, o princípio de causalidade passou a ter um novo status, não tendo mais a pretensão de ser a mera confirmação das leis de causa e efeito, mas sim, servir como uma espécie de guia para determinar o comportamento do homem frente à sua existência no mundo. Esta nova forma de ver as relações causais causou um profundo abalo nas teorias epistemológicas até então vigentes.

Ao reduzir o conhecimento possível aos limites do observável (à experiência), o filósofo Hume abriu um campo de debate que influenciou o pensamento de Kant e todo o pensamento posterior. Depois de Hume o conhecimento deixa de ser certeza para passar a ser probabilidade e plausibilidade.

A este propósito, Magee (1998) afirma:

as ideias de Hume exerceram uma grande e contínua influência até aos nossos dias. Alguns dos problemas fundamentais que ele colocou ainda são considerados por determinados filósofos como não tendo solução, principalmente o problema da indução. (...) O estilo da sua escrita mostrou que é possível escrever com clareza e inteligência sobre alguns dos mais profundos e mais difíceis problemas filosóficos. (pp. 116-117)

Os princípios empiristas de Hume conduzem-no ao fenomenismo e ao cepticismo considerado moderado, ou mitigado, como preferem alguns comentadores.

Assim, se por um lado, “as impressões isoladas são dados primitivos para os quais não é preciso procurar qualquer justificação” (Cordón e Martinez, 1998b, p. 83), por outro, “as percepções aparecem associadas entre si, sem que seja possível descobrir conexões reais entre elas, mas apenas a sua sucessão ou contiguidade” (idem).

Hume deu grande ênfase à distinção atribuída por Leibnitz entre afirmações analíticas e sintéticas, tendo defendido que, em relação às últimas, elas nunca poderão ser conhecidas com a certeza de serem consideradas verdadeiras. Extrapolando para a ciência, para a política, para a filosofia, ou para outro campo, Hume refere que, se não temos a certeza do



conhecimento, não podemos ter a pretensão de pensar que temos de responder a tudo (Magee, 1998).

Os únicos métodos pelos quais, lentamente e de um modo gradual, podemos esperar alcançar a verdade, segundo Hume, não será pela dúvida cartesiana, que “seria inteiramente incurável e nenhum raciocínio nos poderia introduzir num estado de certeza e convicção acerca de qualquer matéria” (p. 143), mas “começar com princípios claros e distintos, avançar mediante passos cautelosos e seguros, rever frequentemente as nossas conclusões e examinar minuciosamente todas as suas consequências” (Hume, 1998b, p. 143).

Relativamente à questão da origem das nossas sensações, o pensador não apresenta qualquer resposta, ou seja, “as impressões são dados originários, para além dos quais não se pode remontar” (Vergez, 1984, p. 18). Pelo contrário, Locke via a sua origem nas imagens de um mundo exterior, existente para além das nossas percepções, e Berkeley referia que as sensações provêm de Deus.

Um contemporâneo de Hume foi o filósofo francês Condillac (1715-1780). Este foi um grande divulgador das ideias de John Locke. O autor sistematizou e criticou os pontos de vista de Locke, num sentido francamente sensista. Assim como Locke, Condillac defendia, no seu Ensaio sobre a Origem do Conhecimento Humano, o sensismo empírico baseado no princípio de que as observações feitas através das percepções dos sentidos são o fundamento do conhecimento humano, e que não existe nenhuma diferença essencial entre pensar e sentir.

Para o autor do Tratado das Sensações, toda a operação do espírito é uma sensação transformada (Delius et al., 2001). Deste modo, uma sensação que, pela sua intensidade, se torne dominante e exclusiva, constitui a atenção. Na actividade do espírito existem três graus de atenção: (1) sensação, (2) memória e (3) imaginação. A sensação odorosa, por exemplo, de uma rosa torna-se memória quando, afastada a primeira sensação e sobrevivendo outra, a primeira permanece com uma intensidade atenuada. Uma lembrança forte torna-se imaginação.

O nosso juízo é uma percepção de semelhanças e diferenças entre sensações diferentes. A reflexão é uma repetição de juízos e comparações.

O conhecimento humano é, assim, uma combinação de sensações. As operações intelectuais não são mais do que a elaboração e a transformação de sensações representativas. Em relação a este assunto, Hessen (1987) afirma: “o pensamento não é mais do que uma faculdade apurada de experimentar sensações” (p. 73). O eu é o conjunto de sensações presentes e das conservadas.

John Locke, a quem remonta o sensismo, referia que as ideias simples provinham de percepção externa e interna. Por sua vez, Condillac excluía a origem das ideias por mera reflexão (experiência interna). As ideias têm todas origem na experiência externa, ou seja, a partir das sensações, que é a única fonte de conhecimento. Assim que várias impressões sensíveis se formam na consciência, começa a actividade da alma. Esta tem apenas a faculdade de experimentar sensações (Hessen, 1987).

Segundo Valadares (1995), “o empirismo inglês do século XVIII acabou por fortalecer um cepticismo acerca do conhecimento de uma realidade autónoma do sujeito cognoscente” (p. 65). Para este investigador, a visão positivista da ciência do século XIX e a visão neopositivista do século XX têm raízes no principal representante do empirismo que é David Hume. Estas visões serão analisadas mais à frente.

É o grande filósofo do século XVIII, Kant, que, relativamente aos problemas do conhecimento, elabora pela primeira vez sínteses dialécticas entre posições epistemológicas até então consideradas como irreconciliáveis.

## 1.2.4 Kant e os problemas do conhecimento

### 1.2.4.1 O apriorismo de Kant

Tal como o intelectualismo fundado por Aristóteles e desenvolvido na Idade Média por Tomás de Aquino, o apriorismo surge como uma tentativa de mediação entre o racionalismo e o empirismo <sup>62</sup>.

Tanto o intelectualismo como o apriorismo consideram o pensamento e a experiência como sendo fontes de conhecimento (Hessen, 1987). Porém, “o apriorismo define a relação entre a experiência e o pensamento num sentido directamente oposto ao intelectualismo” (idem, p. 77). O intelectualismo deriva o factor racional do empírico, onde todos os conceitos procedem da experiência, enquanto que no apriorismo o factor a priori não procede da experiência mas sim do pensamento, da razão (idem).

O filósofo alemão Kant (1724-1804) é considerado o verdadeiro fundador do apriorismo. A experiência é, para Kant, a origem do conhecimento, mas a sua validade apenas pode ser garantida pela razão.

Segundo o pensador, a metafísica metodicamente elaborada, que pudesse dar respostas racionalmente justificadas, estava ainda por fazer. Ela encontrava-se em estado de inferioridade relativamente à matemática, que já era considerada científica há muitos séculos, e à física, que se tinha tornado científica a partir do século XVI, onde os pensadores se aperceberam que a teoria tinha de ser confirmada com a experiência e que esta tinha de ser conduzida pela teoria (Vancourt, 2000).

Para saber se a metafísica é possível, é necessário, primeiro que tudo, estudar até que ponto vai o poder de conhecer do espírito humano, ou seja, o que o homem pode conhecer. Esta investigação leva o pensador a submeter a razão a julgamento. Para Kant, este julgamento significa um exercício crítico da razão, que “será pois uma exigência que o ser humano impõe de se esclarecer acerca do que é e acerca dos seus fins e interesses” (Cordón e Martinez, 1998, p. 116). No desenvolvimento deste aspecto, a filosofia de Kant caracteriza-se por inaugurar uma nova atitude filosófica: o criticismo. Esta atitude reflecte o

comportamento que “não é dogmático, nem céptico, mas sim reflexivo e crítico. É o meio termo entre a temeridade dogmática e o desespero céptico” (Hessen, 1987, p. 55).

#### 1.2.4.2 O criticismo de Kant

O criticismo defende a ideia fulcral de que o conhecimento é possível, existe uma verdade; porém não partilha a ideia dogmática de aceitar todas as afirmações da razão humana, mas antes reconhece limites ao poder do conhecimento humano.

Kant, na sua obra *Crítica da Razão Pura* (1985), propõe-se analisar não o conhecimento dos objectos, mas o modo como os conhecemos, seguindo, cuidadosamente para o efeito, três passos, que são ilustrativos da sua posição epistemológica. Eis as suas próprias palavras, nessa obra:

o primeiro passo nas coisas da razão pura, que indica a infância desta, é dogmático. O segundo passo (...) é céptico e testemunha a prudência do juízo avisado pela experiência. Mas é necessário um terceiro passo, que pertence unicamente ao juízo maduro e viril. (p. 610)

Assim, o filósofo identifica no homem três faculdades cognoscitivas: a sensibilidade, o entendimento e a razão (Cordón e Martinez, 1998b, p. 126).

A sensibilidade é a “capacidade de receber as representações mediante a maneira como nós somos afectados pelos objectos” (Kant, 1985, p. 61). É através da sensibilidade que o espírito entra em relação com os objectos. Da parte do objecto há uma impressão que se exerce sobre a sensibilidade receptiva, a que Kant chama sensação.

Mas o conhecimento começa apenas quando o objecto é apreendido pela sensibilidade na intuição empírica <sup>63</sup> (aplicação das intuições puras - espaço e tempo - aos dados sensíveis). O objecto, enquanto é captado na intuição empírica chama-se fenómeno.

Para Kant, em todo o fenómeno existe um elemento que provém da sensação - uma matéria (formada pelos dados provenientes dos sentidos) - e um elemento que coordena esses dados segundo determinadas relações - a forma. Sendo assim, ao nível da

sensibilidade, são as formas a priori, anteriores a toda a sensação dos objectos, que tornam possíveis essas mesmas sensações.

As formas a priori da sensibilidade, também chamadas formas puras da intuição sensível ou intuições puras, são duas: espaço (para as sensações externas) e tempo (para as sensações internas) <sup>64</sup>. Estas são como que “duas coordenadas vazias, nas quais se ordenam as impressões sensíveis (cores, sons, etc.)” (Vancourt, 2000, p. 127).

Em síntese, para Kant o conhecimento da Natureza resulta da interacção de elementos formais (espaço e tempo) e de um elemento material (a sensação). No espaço e no tempo coordenamos as nossas impressões sensoriais.

Porém, para o homem, o processo do conhecimento não se limita à sensibilidade, mas aspira a conhecimentos universais, ou seja, ao estabelecimento de relações necessárias entre os fenómenos; em suma: aspira a ser um conhecimento científico.

Para além da sensibilidade, o homem tem uma outra capacidade cognoscitiva: o entendimento. Este é a faculdade de conhecer não sensível. É o poder de pensar o objecto da intuição sensível.

Graças ao entendimento, conseguimos transformar os objectos da intuição sensível em objectos do pensamento. Assim, “se perceber é a função própria da sensibilidade, compreender é a função própria do entendimento” (Cordón e Martinez, 1998b, p. 128). Apenas “pela sua reunião se obtém conhecimento” (Kant, 1985, p. 89).

O conhecimento não pode ser apenas uma reflexão de costas voltadas para a realidade, como também não pode ser uma pura dispersão empírica, sem o rigor e a universalidade da lógica. É a velha questão do empirismo e do racionalismo que Kant quer solucionar com a fórmula: matéria (conteúdo) + forma lógica (pensamento) = conhecimento <sup>65</sup>.

Kant adverte que se trata de duas capacidades interdependentes e que têm de existir forçosamente, pois “pensamentos sem conteúdo são vazios e intuições sem conceitos são cegas. Pelo que é tão necessário tornar sensíveis os conceitos (isto é, acrescentar-lhes o objecto na intuição) como tornar compreensíveis as intuições (isto é, submetê-las aos conceitos)”(Kant, 1985, p. 89).

Cada uma delas tem a sua função específica, não podendo ser trocadas, como o próprio Kant (1985) afirma: “o entendimento não intui nada e os sentidos não pensam nada. O conhecimento deriva unicamente da sua conjugação; mas nem por isso devemos confundir as suas funções, tornando-se imperioso separá-las e distingui-las cuidadosamente uma da outra” (idem).

O mundo, tal como o conhecemos pela sensibilidade, surge como uma série de intuições fenoménicas sem relação entre si. Compete ao entendimento introduzir unidade e coordenação nos fenómenos. Esta função unificadora e relacionadora é realizada pelas formas a priori do entendimento que são as categorias ou conceitos puros. Na realidade, “elimine-se esta função unificadora do entendimento e não restará mais do que um conjunto de impressões sensíveis desconexas e desarticuladas” (Cordón e Martinez, 1998b, p. 130).

Tal como o conhecimento empírico é o resultado de uma coordenação no espaço e no tempo dos dados sensíveis, assim as categorias do entendimento permitem a interpretação ao nível intelectual dos dados da sensibilidade. A sensibilidade, onde opera a intuição, é receptiva e passiva: recebe, mas não produz representações; ao contrário, o entendimento produz as suas próprias representações (categorias) e por isso é espontâneo e activo.

Em resumo, o fenómeno, que é já resultado da síntese entre as impressões sensíveis e as intuições do espaço e do tempo, é submetido a uma nova síntese mediante a aplicação das categorias ou conceitos puros do entendimento. O entendimento, através dos seus conceitos a priori, dá ao fenómeno da intuição a universalidade e necessidade exigidas pelo conhecimento científico.

Assim explica Kant a constituição da ciência. Esta, não é outra coisa senão o resultado da aplicação das categorias do entendimento (conceitos) à diversidade e multiplicidade das intuições sensíveis, estabelecendo entre elas relações necessárias e universais.

Das três faculdades que intervêm no processo do conhecimento, a razão é a que procura fazer uma síntese mais elevada, é a que ultrapassa o entendimento, na busca da unidade, pretendendo chegar a uma unidade definitiva. Na realidade, Kant afirma: “todo o nosso conhecimento começa pelos sentidos, daí passa ao entendimento e termina na razão, acima

da qual nada se encontra em nós mais elevado que elabore a matéria da intuição e a traga à mais alta unidade do pensamento” (Kant, 1985, p. 298).

O entendimento, como a razão, opera segundo conceitos, mas enquanto os conceitos puros do entendimento são as categorias, os conceitos da razão pura são as Ideias <sup>66</sup>.

Apesar do hiato que existe entre entendimento e razão, ocorre entre ambos uma continuidade. O papel da razão é determinar ao entendimento um máximo, orientá-lo para uma direcção que é necessário seguir, mas que jamais conseguirá atingir. Com efeito, a razão indica-nos “a direcção que o espírito deve tomar para responder à sua própria exigência de totalidade absoluta” (Vancourt, 2000, p. 26). A razão arrasta-nos inevitavelmente para a procura do incondicionado, para a totalidade absoluta, procurando estender o seu conhecimento para além das fronteiras da experiência (Cordón e Martinez, 1998b; Vancourt, 2000).

Após a filosofia Kantiana, muitos são os autores que têm reafirmado, de diversas maneiras e em diversos domínios do saber, esta associação mútua entre os dados da experiência e o trabalho da razão. No século XX, e a título meramente exemplificativo, indicamos Bachelard como um dos autores que defendem e reafirmam a união entre o empirismo e o racionalismo patente no trabalho científico. O trabalho realizado por este autor será apresentado mais à frente.

#### 1.2.4.3 O fenomenalismo de Kant

Um outro aspecto que merece ser destacado em Kant é a sua posição em relação à natureza do conhecimento (essência do conhecimento), conhecida pelo fenomenalismo (Hessen, 1987). Segundo esta posição epistemológica, não conhecemos os objectos como são em si, mas como se nos apresentam. Nesta linha de pensamento, o filósofo afirma que “para o fenomenalismo há coisas reais, mas não podemos conhecer a sua essência. Só podemos saber “que” as coisas são, mas não “o que” são” (p. 109).

Para Hessen (1987), o fenomenalismo surge como tentativa de reconciliar duas posições antagónicas relacionadas com a natureza do conhecimento: o realismo e o idealismo. Assim, esta posição epistemológica “coincide com o realismo quando admite coisas reais; mas coincide com o idealismo quando (...) (defende) a impossibilidade de conhecer as coisas em si” (p. 109).

Kant desenvolve uma linha iniciada por Locke, que considera o nosso conhecimento limitado ao sistema físico que possuímos, concretamente aos nossos cinco sentidos, ao nosso cérebro e ao nosso sistema nervoso central. Assim, tudo o que este sistema é capaz de captar, nós podemos experimentar, mas tudo o que ele não consegue captar nunca pode ser por nós experimentado, uma vez que não conseguimos apreendê-lo. Porém, o facto de existir esta limitação do nosso aparelho físico, não quer dizer que não exista mais nada para além do que ele capta. Eles dão-nos as informações dos objectos, mas fazem-no como medida e não como imagens. Isto significa que o que as coisas são, independentes das nossas formas de percepção e de pensamento, é algo de que não podemos formar nenhuma concepção.

Existe o mundo do conhecimento possível para nós - mundo dos fenómenos (phaenomena) - e existe um mundo das coisas tal como elas são - mundo numenal (noumena) - e do qual não temos nenhum conhecimento determinado (Kant, 1985, p. 268). Contudo, pelo facto de não conhecermos esse mundo numenal, não significa que ele não exista <sup>67</sup>.

Eis as palavras do próprio Kant (1985):

É-nos completamente desconhecida a natureza dos objectos em si mesmos e independentemente de toda a receptividade da nossa sensibilidade. Conhecemos somente o nosso modo de os perceber, modo que nos é peculiar, mas pode muito bem não ser necessariamente o de todos os seres, embora seja o de todos os homens. (p. 79)

Para os investigadores Cordón e Martinez (1998b), a distinção entre fenómeno e númeno leva a compreender o motivo pelo qual Kant chamou à sua doutrina idealismo transcendental: “porque o espaço, o tempo e as categorias são condições de possibilidade da experiência,



dos fenómenos, e não propriedades ou traços reais de todas as coisas em si mesmas” (p. 132)<sup>68</sup>.

Apesar deste idealismo transcendental, resultante da importância que deu às intuições puras de espaço e tempo e às suas categorias a priori, Kant acabou por superar epistemologicamente quer o idealismo quer o realismo que o antecederam, ao recorrer ao entendimento e à intuição empírica fenoménica.

Hessen (1987) resume em três proposições a teoria do fenomenalismo de Kant (p. 111):

1. O mundo das coisas em si não é cognoscível.
2. O nosso conhecimento é limitado ao mundo fenoménico.
3. O conhecimento do mundo dos fenómenos surge na nossa consciência porque elaboramos e ordenamos o material sensível relativamente às formas a priori da intuição e do entendimento.

#### 1.2.5 O idealismo lógico

Sucessor de Kant, Fichte (1762-1814) acreditava, tal como todos desde Newton, que as leis da física clássica eram objectivas e verdadeiras. Uma dada lei científica pressupõe uma necessidade lógica absoluta em que os eventos do mundo empírico são desta ou daquela maneira. A partir desta ideia, o pensador desenvolveu a doutrina de que dentro de nós trazemos uma concepção ordenada do universo, formulada por nós, e que o universo deriva dela de acordo com a necessidade lógica (Magee, 1998).

Fichte considerava que a realidade empírica era uma criação da mente inteligente, e não que o conhecimento humano derivasse da realidade empírica. A realidade deve ser a priori, isto é, ter origem no espírito e não em algo fora dele (Dupuy, 1987).

Fichte contribui para o aparecimento do chamado idealismo lógico, elevando o eu cognoscente a o eu absoluto e único e procurando derivar deste toda a realidade,

considerando-o assim o criador de todos os fenómenos e de todos os eus individuais (Kenny, 1999; Hessen, 1987).

No idealismo lógico, os objectos são concebidos pelo pensamento, são como que um produto do conhecimento, enquanto que, no idealismo subjectivo, o objecto do conhecimento é algo de psicológico, é um conteúdo do pensamento. Uma forma do idealismo subjectivo é o apresentado pelo empirio-criticismo defendido por Avenarius e Mach. No idealismo lógico os objectos nem são reais (como no realismo), nem conteúdos da consciência (como no idealismo subjectivo), são simplesmente conceitos (Hessen, 1987).

O idealismo lógico de Fichte não se encontra absolutamente separado do psicológico nem do metafísico (Hessen, 1987).

Apenas o filósofo alemão Hegel (1770-1831) conseguirá definir o princípio da realidade como uma ideia totalmente lógica, defendendo a ideia de que o ser das coisas é um ser puramente lógico (Hessen, 1987).

Hegel é considerado o pai do idealismo lógico, também chamado panlogismo. O seu grande objectivo era a construção de um projecto filosófico de pensar a conexão interna entre a natureza (objecto de investigação da filosofia grega) e o espírito (da filosofia cristã e, a partir de Descartes, da filosofia moderna), de modo a conseguir elaborar uma teoria unitária, total, fechada sobre toda a realidade (Cordón e Martinez, 1998b).

Para isso, Hegel retomou a ideia de Heráclito, de que no mundo tudo é movimento e mudança, nada está isolado, tudo depende de tudo.

A realidade é uma unidade que não se encontra numa condição estável, mas num processo contínuo de desenvolvimento. Tudo o que existe é o resultado de um processo e portanto, segundo Hegel, a compreensão da realidade implica sempre compreender o processo de mudança. Antes de Hegel, os filósofos consideravam a realidade como um estado de coisas altamente complexo, mas conhecido (Kenny, 1999).

Hegel defendia que todas as situações complexas contêm em si elementos conflituosos, que irão destabilizar a situação, pelo que esta não pode durar indefinidamente. Deste modo,

os conflitos têm de ser compreendidos para serem resolvidos, pelo que, no final da resolução, constituirão uma nova situação que, por sua vez, implica novos conflitos. Segundo Hegel, esta é a análise racional da mudança. A este processo o pensador chamou processo dialéctico.

A palavra dialéctica é, no fundo, utilizada por Hegel na compreensão e expressão da situação real do mundo.

A realidade, enquanto dialéctica, é processual, regida e movida por uma contradição intrínseca relacionada e constituída por uma oposição permanente de forças contrárias (Cordón e Martinez, 1998b). Assim,

cada realidade particular remete para a totalidade, e só pode ser compreendida e explicada em relação ao todo; por outro lado, cada coisa não é senão um momento do todo, que se constitui na totalidade, mas que é também assumida e dissolvida nela. (p. 150)

O verdadeiro é o todo, esta é uma das frases reveladoras da filosofia de Hegel. Esse todo é uma espécie de consciência global, uma ideia ou espírito que se encontra na origem das ideias do sujeito acerca do mundo.

A realidade é de natureza racional e será redutível a essa consciência, a esse espírito ou ideia. Nesta linha de pensamento, Cordón e Martinez (1998c) afirmam, a propósito do pensamento de Hegel:

as diferentes formas do real mais não são do que expressões e manifestações das ideias, ou melhor, do espírito. (...) Todo o real (...) está em consonância com a razão e satisfaz as suas exigências. (...) a realidade seria apenas um produto e portanto limitado ao (...) conteúdo do pensamento. (p. 26)

Hegel, ao associar a dialéctica às ideias e não à matéria, afasta-se dos materialistas dialécticos que acreditavam no mundo dialéctico, mas associavam-no à própria matéria. O princípio da realidade é, em Hegel, “uma ideia lógica, fazendo, portanto, do ser das coisas um ser puramente lógico” (Hessen, 1987, p. 106), uma vez que se cingem às ideias que delas possuímos com base numa consciência total lógica.

A filosofia hegeliana irá originar duas descendências diferentes: os idealistas e os materialistas. A via materialista foi explorada pelo filósofo Feuerbach, precursor de Marx <sup>69</sup>.

Todo o materialismo pós-hegeliano é influenciado pelo empirismo inglês do século XVIII. Este empirismo irá também influenciar o positivismo e o sensismo do século XIX.

O idealismo lógico é defendido pelo neokantismo, principalmente pela Escola de Marburgo. Hermann Cohen (1842-1918) é considerado o fundador desta escola. Inspirado em Kant, Cohen parte do conhecimento científico, procurando nele as condições lógicas. Elimina a coisa em si e todo o resíduo realista. Para o pensador, como menciona Dupuy (1987), “não existe realidade independente do pensamento; a realidade é engendrada no e pelo pensamento, que não pode buscar a sua origem em nada exterior a si” (p. 79).

Cohen procura mostrar que as sensações e a ciência experimental, relacionada com as sensações, podem ser reconstrutíveis pelo pensamento, sem que alguma coisa fique de fora. Nega a sensibilidade e a intuição como órgãos efectivos de conhecimento, uma vez que todo o dado trazido pelos sentidos já deve ter sido posto, previamente, pela razão.

O grande instrumento que assegura a resolução do sensível no inteligível é o cálculo infinitesimal. Na realidade, Cohen vai buscar aos pitagóricos a ideia de que a realidade é número, julgando que é possível a tradução da experiência em fórmulas matemáticas, sendo esta tradução resultado da actividade do pensamento.

A doutrina de Cohen pode considerar-se um idealismo objectivo, segundo a qual o pensamento é idêntico ao ser e todo o real é absolutamente racional.

#### 1.2.6 O positivismo

O positivismo é uma doutrina filosófica, sociológica, política e religiosa inspirada, principalmente, no empirismo inglês e em alguns filósofos do Iluminismo, tendo-se fortalecido no século XIX e, posteriormente, no século XX.

Gnoseologicamente, o positivismo admite como única fonte de conhecimento e critério de verdade a experiência, os factos positivos e os dados sensíveis. Recusa qualquer instância

metafísica ou teológica e admira as ciências naturais, ao ponto de fazer delas o modelo de todo o conhecimento. Estas utilizam como instrumentos a percepção sensorial, na determinação dos factos, e a razão, no estabelecimento dos juízos sintéticos a posteriori, que generaliza por processo indutivo conduzindo ao estabelecimento de leis.

Diversos filósofos consideram Auguste Comte como fundador do positivismo. Esta corrente, tal como o marxismo, surgiu como uma reacção ao idealismo absoluto de Hegel (Cordón e Martínez, 1998c). Como atitude, o positivismo pode considerar-se constante na história do pensamento.

Comte (1798-1857) viveu numa época de grave crise social, originada pela desorganização de um certo tipo de sociedade teológico-militar, que, posteriormente, seria substituída por outra etapa organizativa, a designada sociedade científico-industrial ou positiva. Por esse motivo, a sua doutrina deve ser entendida nesta época de transição, como uma reforma intelectual baseada num pensamento científico e não teológico (Cordón e Martínez, 1998c).

O fundador do positivismo pretende, acima de tudo, ser artesão de uma reconstrução geral da sociedade, considerando Condorcet como seu predecessor imediato. O seu objectivo era, portanto, estabelecer os fundamentos da sociedade moderna.

Para isso, segundo Comte, seria preciso solucionar outros problemas. Na realidade, as instituições dependem dos costumes dos homens, das crenças. Logo, a instauração de novas associações pressupõe a reorganização dos costumes, a qual, por sua vez, advoga que seja fundado um sistema geral de opiniões aceites por todos.

Assim, o projecto de Comte era estabelecer, por via racional, um sistema de pensamento que obtivesse a unanimidade dos espíritos e, finalmente, servisse de alicerce à sociedade humana ideal. O carácter urgente desse projecto justificava-se, uma vez que, na época, as opiniões eram algo anárquicas. Não havia princípios comuns a seguir pelos homens. Ora, para o pensador, na sociedade devia existir uma harmonia de sentimentos, de comunidades de interesses e um acordo intelectual que se alicerçasse num corpo de crenças comuns. Este seria o estado normal das sociedades <sup>70</sup>.

Na génese do pensamento de Comte, encontra-se uma reflexão sobre a sociedade, que, por sua vez, está ligada ao contexto histórico (Bastide, 1984)<sup>71</sup>.

A identificação de épocas críticas, em que ocorre a destruição da ordem estabelecida na sociedade, perdendo o sistema a influência das ideias vigentes e a sua consequente passagem progressiva a outros períodos, leva Comte a precisar dois conceitos importantes na sua obra *O Espírito Positivo: as categorias de ordem e progresso*<sup>72</sup>.

Com efeito, o filósofo considera que essas categorias se relacionam entre si: “a ordem constitui invariavelmente a condição fundamental do progresso; reciprocamente, o progresso torna-se o fim necessário da ordem; como, na mecânica animal, o equilíbrio e o progresso são mutuamente indispensáveis, enquanto fundamento ou finalidade” (Comte, s/d, p. 215).

Na sua tentativa de explicar o universo, o espírito humano passa necessária e sucessivamente por três estados progressivos diferentes: o estado teológico ou fictício<sup>73</sup>; o estado metafísico ou abstracto<sup>74</sup>; e, por último, o estado científico ou positivo (Comte, s/d).

A ordem e o progresso nestes diferentes estados é imposta, como refere Comte pela própria natureza do espírito humano. Isso revela um indício em relação ao sentido e ao limite do positivismo comtiano (Cordón e Martinez, 1998c).

A ordem científica é a única que não impede o progresso, aliás, favorece-o, assim como o desenvolvimento do homem. Este estado é o positivo ou real, e, no entender de Comte, é o estado definitivo a que a humanidade poderá chegar. Entra-se neste estado quando o homem toma consciência do verbalismo das soluções dos estados teológico e metafísico, ignora a causa, ou mesmo, a essência das coisas e contenta-se em estabelecer o modo “como” acontecem os fenómenos, procurando fixar a regularidade ou lei segundo a qual ocorrem (Bastide, 1984)<sup>75</sup>.

O estado positivo, segundo Comte, é constituído por uma “longa, mas necessária sucessão de fases (que) conduz, por fim, a nossa inteligência, gradualmente emancipada, ao seu estado definitivo de positividade racional” (s/d, p. 173). Deste modo, este estado tem como primeira condição fundamental de qualquer investigação científica a subordinação constante da imaginação à observação<sup>76</sup>.

A segunda característica tem a ver com a natureza relativa do espírito positivo. Com efeito, o estudo dos fenómenos, materiais indispensáveis ao conhecimento científico, é sempre “relativo à nossa organização e à nossa situação” (Comte, s/d, p. 175).

Ao reconhecermos a “necessária imperfeição” dos nossos variados meios especulativos, não podemos garantir a possibilidade de verificar, mesmo que superficialmente, todas as existências reais. A realidade fica limitada àquilo que os fenómenos deixam revelar, efectivamente, através da experiência.

Como mais tarde Bachelard dirá, existem obstáculos epistemológicos. Para Comte, “o conjunto das nossas próprias condições, tanto interiores como exteriores, limita inevitavelmente cada um dos nossos estudos positivos” (Comte, s/d, p. 175). São elas:

- os sentidos: “a aquisição de um novo sentido revelar-nos-ia uma classe de factos de que não temos agora nenhuma ideia”;
- as condições exteriores: “não poderia existir nenhuma astronomia (...) se a atmosfera, através da qual nós observamos os corpos celestes, permanecesse sempre e por todo o lado nebulosa”;
- a sociedade: “se quaisquer das nossas concepções devem ser consideradas, em si, como fenómenos humanos, tais fenómenos não são simplesmente individuais, mas também, e sobretudo, sociais, já que eles resultam, com efeito, de uma evolução colectiva e contínua”.

Contudo, este relativismo não recai em cepticismo. A actividade científica é guiada por um ideal. Assim, como sublinha Comte (s/d), apesar da representação exacta dos dados exteriores das nossas investigações ser ainda imperfeita, é precisamente essa representação exacta que o cientista tem como limite ideal, “tanto quanto o exigem as nossas diversas necessidades reais” (p. 176).

A terceira característica das leis positivas prende-se com a previsão racional. O conhecimento das leis positivas da natureza permite-nos ver quando um fenómeno ocorre e prever o que se seguirá. Deste modo, “o verdadeiro espírito positivo consiste, sobretudo, em

ver para prever, em estudar aquilo que é, a fim de concluir, a partir daí, aquilo que será, segundo o dogma geral da invariabilidade das leis naturais” (Comte, s/d, p. 177).

A quarta característica, tem a ver com a invariabilidade das leis naturais. O conhecimento cinge-se a regularidades a que o objecto do conhecimento obedece.

Estas regularidades encontram-se nas leis da ciência. Trata-se do “conceito” de lei que a ciência moderna conhece desde a época de Galileu. Porém, a novidade em relação a Galileu, é que Comte procura transformar o conhecimento filosófico em conhecimento científico (Severino, 1986), seguindo o programa formulado por Bacon e Descartes: “chegar a conhecimentos que sejam muito úteis para a vida e que, em lugar desta filosofia especulativa, se possa encontrar uma filosofia prática, por meio da qual nos tornemos donos e senhores da natureza” (in Cordón e Martinez, 1998c, p. 12).

Para o pensador, a única forma verdadeira de racionalidade é a racionalidade científica. Com efeito, para o positivismo, a ciência é que possui a capacidade de previsão. Esta capacidade torna-se importante na medida que permite ao homem defender-se “do devir da realidade” (Severino, 1986, p. 91).

O estado positivo devia ser governado “por especialistas da ciência e da economia” (Delius et al., 2001, p. 93). Apenas estes têm uma capacidade política superior, capaz de governar. Os primeiros constituem a casta intelectual e os segundos a acção material (Bastide, 1984).

Comte, com o seu mestre Saint-Simon, retoma a ideia platónica da cidade ideal, governada por uma classe de sábios. Mas o sábio, para Comte, não é aquele que estuda a essência oculta das coisas, convive com os deuses, é antes o cientista para o qual a verdade está dentro dos horizontes do verificável, do experimental (Severino, 1986).

A lei dos três estados não tem apenas uma função epistemológica. Evidencia as atitudes globais assumidas pela Humanidade em cada um dos períodos fundamentais do seu desenvolvimento. Assim, a plenitude do estado teológico corresponde ao período da Idade Média. O metafísico, como período crítico, de transição, culmina na Revolução Francesa. O



estado positivo é aquele em que a humanidade deverá entrar e procurar descobrir e formular leis de equilíbrio social e de progresso (Bastide, 1984).

Por outro lado, a lei dos três estados não é somente verdadeira para a história da nossa espécie, ela é também correspondente ao desenvolvimento de cada indivíduo. De facto, “todo o homem é teólogo na infância, metafísico na juventude e físico na idade adulta” (Bastide, 1984, p. 29). Denota-se na lógica de Comte um traço marcadamente construtivo.

Em síntese, o positivismo, como modo de interpretar o conhecimento, apresenta-se, segundo Comte, como a alternativa à metafísica especulativa, com as seguintes características essenciais (Cordón e Martinez, 1998c):

- renuncia às investigações sobre o absoluto: substituir em tudo o absoluto pelo relativo;
- a essência do mundo físico fica restringida ao fenómeno sensível, aceitando-se como real aquilo que se manifesta efectivamente na experiência (fenomenismo);
- delimita os seus esforços no campo da autêntica observação;
- não existem outros objectos para além dos concretos e singulares. No discurso utilizado, pelo facto de se utilizarem termos gerais, não significa que correspondam a uma realidade igualmente universal; são apenas nomes que se referem a um conjunto de seres da mesma espécie (nominalismo);
- o método do conhecimento científico (factual e objectivo) deve ser o utilizado no conhecimento geral. Os princípios fundadores da sociedade moderna devem ser estabelecidos cientificamente.

#### 1.2.7 O empiriocriticismo: posição extrema do positivismo do século XIX

O empiriocriticismo é uma doutrina filosófica que representa a ponta extrema do positivismo científico do século XIX. Foi proposta pelo filósofo alemão Richard Avenarius (1843-1896), que pretendia construir uma filosofia que fosse como uma ciência rigorosa e

que se limitasse ao reconhecimento e à elaboração da experiência pura completamente liberta da metafísica.

O empiriocriticismo rejeita o dualismo da percepção e a existência do mundo exterior, a favor de um monismo no qual todo o conhecimento e pensamento estão confinados à experiência pura. A experiência pura é, para o pensador, aquela que precede a distinção entre o físico e o psíquico, não podendo ser interpretada de modo materialista (Abbagnano, 2000).

Por detrás do pensamento de Avenarius está a ideia central do “conceito natural do mundo que rejeita a distinção entre sujeito e objecto (...), ignora a oposição entre experiência externa e experiência interna” (Dupuy, 1987, p. 78).

Por outro lado, Avenarius considera que o homem se encontra envolvido num determinado ambiente e perante outros indivíduos. Para o pensador,

o indivíduo e o mundo ambiente não são duas realidades opostas (...) O homem tem experiência de si mesmo no mesmo sentido que tem experiência do ambiente que o rodeia: uma e outra realidade pertencem a uma única experiência e são constituídos pelos mesmos elementos. (Abbagnano, 2000, p. 87)

Avenarius divide estes elementos em conteúdos e sensações, que apenas diferem de intensidade e que dependem da acção recíproca do sistema nervoso do indivíduo e do meio ambiente onde está inserido (Dupuy, 1987).

A posição de Avenarius é semelhante à de Ernst Mach (1838-1916) e viria a influenciar o Círculo de Viena.

Tal como Avenarius, Mach defende a progressiva adaptação aos factos da experiência, adaptação essa que é proveniente das necessidades biológicas. Referindo-se a Mach, Abbagnano (2000) escreve o seguinte: “a investigação científica não faz mais do que continuar a aperfeiçoar o processo vital utilizado pelos animais inferiores para se adaptarem, mediante reflexos inatos, às circunstâncias do ambiente” (p. 89).

Sendo assim, Mach e Avenarius vêem a ciência como uma componente do sistema social. Neste sentido, a ciência está em consonância com os interesses da sociedade. Estes

pensadores “vêem – diz Dupuy (1987) - na satisfação das necessidades vitais a origem e o objecto da ciência” (p. 79).

Segundo o empiriocriticismo de Mach, a ciência deve limitar-se a traduzir factos, construídos por elementos, que não são mais do que conteúdos de consciência ou sensações, abstendo-se de toda a especulação teórica não baseada em sensações. Na realidade, Mach considerava que, caso não existissem percepções sensoriais, não existiria física. O pensador elimina a distinção kantiana entre fenómeno e coisa em si. As coisas reduzem-se a complexos de sensações, não existindo fora destas.

Como Avenarius, também Mach reduz o facto unicamente às sensações e às suas relações funcionais (Dubuy, 1987), não existindo nenhuma diferença entre o elemento físico e o elemento psíquico. “Interioridade e exterioridade não têm qualquer sentido: os elementos últimos são os mesmos” (Mach, 1922, p. 254, citado em Abbagnano, 2000, p. 90).

Porém, contrariamente a Avenarius, Mach não considera que a distinção entre o físico e o psíquico resulte de uma deformação da experiência mas, vê antes nela, o resultado natural do desenvolvimento da experiência (Abbagnano, 2000).

De facto, nasce da divisão de dois tipos de fenómenos. Os que são perceptíveis por um único homem e os que são perceptíveis por todos os homens. Este pensamento leva Mach a distinguir o meu eu e o eu dos outros “formando-se assim as abstracções do físico e do psíquico, da sensação interna e da sensação externa” (Abbagnano, 2000, p. 91).

#### 1.2.8 O utilitarismo: “empirismo” do século XIX

Stuart Mill (1806-1873), utilitarista, deu seguimento no século XIX às tradições dos empiristas britânicos do século XVIII. O pensamento utilitarista já existia, inclusive, na filosofia antiga, principalmente, na de Epicuro e seus seguidores, na Grécia antiga. Este pensamento defendia a “promoção da maior felicidade para o maior número, sendo o único fim correcto e apropriado para as acções humanas, (...) as leis e sistemas legais devem ser testados pela

sua conformidade, ou pela sua ausência de conformidade, a esse objectivo” (Kenny, 1999, p. 362).

Mill considerava todo o conhecimento como produto das impressões fornecidas pela experiência, sendo esta a fonte de todo o saber, opondo-se vivamente a todos os que vissem nele quaisquer características inatas. Como empirista, foi mais além que Locke e Hume, pretendendo reduzir também o conhecimento matemático à experiência. Ou seja, as próprias leis lógicas do pensamento têm a base da sua validade nas leis empíricas (Hessen, 1987, p. 73). Kenny (1999) refere-se a este pensamento de Mill nestes termos:

Mill não pensava (...) que as proposições matemáticas eram simplesmente proposições verbais que exprimiam as consequências de definições. (...) a aritmética e a geometria, tal como a física, consistem em hipótese empíricas. As hipóteses da matemática têm grande generalidade e foram elegantemente confirmadas pela nossa experiência; não deixam por isso de ser hipóteses, corrigíveis à luz de experiências posteriores. (p. 370)

O conhecimento para Mill é uma soma de observações resultantes de um acumular de dados individuais sensíveis. Neste sentido, Mill preocupa-se em desenvolver uma lógica indutivista, na sequência do trabalho de Francis Bacon, para garantir a obtenção de uma série de regularidades nos dados observados, estabelecendo, assim, factos a partir destes. Na realidade, “ele vê, para além de afirmações sobre a observação de factos particulares, a transição para afirmações factuais gerais de muitas dessas afirmações” (Delius et al., 2001, p. 94).

O positivismo de Mill distingue-se do de Comte, na medida em que reconhece como base para o conhecimento da verdade e da realidade os factos concretos. Já Comte considera que a função do conhecimento não consiste em estabelecer factos, mas em obter leis. E as leis não resultam da simples soma de observações isoladas, mas constituem a expressão de relações provenientes de um pensamento coordenador (Cassier, citado em Córdón e Martínez, 1998c). Porém, entre Mill e Comte existe a ideia comum de considerarem a ciência válida, na medida em que ela é útil, conveniente, servindo de alicerce a um novo projecto político de reconstrução do Ocidente dentro da Ordem e do Progresso, que sirva a sociedade (Severino, 1986).

### 1.2.9 O pragmatismo: pensamento filosófico da segunda metade do século XIX

O pragmatismo, da palavra grega prágma, “acção” é uma atitude largamente presente no pensamento filosófico da segunda metade do século XIX. Esta doutrina apenas aceita como critério de verdade os efeitos práticos do conhecimento. Ironicamente, a tese não é muito aplicável na prática, uma vez que existe uma diferença significativa entre as consequências práticas que se podem inferir de uma ideia obtida mediante um conjectura lógica e as consequências práticas que ela, de facto, vem a desencadear no decorrer do tempo. Este facto tem-se verificado ao longo da história, em diversas situações.

O pensador Abbagnano (2000) considera o pragmatismo como a forma assumida pela tradição clássica do empirismo inglês. Na realidade, no empirismo clássico o produto da actividade humana era válido desde que fosse “possível encontrar na experiência os elementos de que resulta e desde que estes estejam relacionados entre si do mesmo modo que na experiência” (p. 7). Assim, segundo este autor, os empiristas consideravam a experiência como um património limitado que podia ser inventariado e sistematizado de forma total e definitiva.

Pelo contrário, no pragmatismo a experiência tinha como característica fulcral a possibilidade de fundamentar uma previsão. Deste modo, a análise da mesma “não é, portanto, o inventário de um património acumulado, mas a antecipação deste património” (Abbagnano, 2000, p. 7).

Uma verdade é aceite por ser susceptível de um uso na experiência futura, deixando de ser vista como algo que possa ser confrontado com os dados acumulados da experiência passada (idem, 2000). Neste sentido, e segundo este pensador, a posição fulcral desta doutrina “é a de que toda a verdade é uma regra de acção, uma norma para a conduta futura, entendendo-se por “acção” e por “conduta futura” toda a espécie ou forma de actividade, quer seja cognoscitiva quer emotiva” (p. 7).

Hessen (1987) encara o pragmatismo como uma forma positiva do cepticismo. Tanto o cepticismo como o pragmatismo abandonam o conceito de verdade no sentido da

concordância entre o pensamento e o ser. Porém, o pragmatismo “substitui o conceito abandonado por um novo conceito de verdade” (Hessen, 1987, p. 50). Segundo este filósofo, “verdadeiro significa útil, valioso, fomentador da vida” (p. 51). Este novo conceito de verdade é justificado por uma determinada concepção do ser humano: o homem é um ser prático, de vontade e de acção livre, e não um ser essencialmente teórico ou pensante. Sendo assim, o juízo é considerado verdadeiro enquanto for útil e proveitoso para a vida do homem, e, em particular, para a vida social.

O pragmatismo constitui o primeiro contributo original dos EUA para a filosofia Ocidental. Assim, duas formas básicas surgem: uma metodológica, que pode ser descrita como uma teoria do significado, tendo sido assumida por pensadores como Charles Pierce, John Dewey, entre outros; e outra metafísica, que é uma teoria da verdade e da realidade, como defendem William James, Ferdinand Canning e Scott Schiller, entre outros (Abbagnano, 2000).

Na Alemanha, o pragmatismo encontrou adeptos como Frederico Nietzsche. Este pensador defende que a “verdade não é um valor teórico, mas apenas uma expressão para designar a utilidade, para designar aquela função do juízo que conserva a vida e serve a vontade do poder” (Hessen, 1987, pp. 51-52).

Segundo este pensador, o erro fundamental do pragmatismo consiste em não considerar o valor, a autonomia do pensamento humano. Este e o conhecimento estão interligados com a vida, uma vez que estão inseridos na totalidade da vida psíquica humana. Porém, o conhecimento não deve ser uma simples função da vida, nem a sua relação com a vida nos deve induzir a passar por cima da autonomia do conhecimento (Hessen, 1987).

Pierce (1839-1914) é considerado o fundador do pragmatismo. O filósofo considera o conhecimento como um instrumento que utilizamos para a nossa própria sobrevivência. Esse conhecimento, nomeadamente o científico, é um conjunto de explicações sobre o nosso mundo, não é um conjunto de certezas. O desenvolvimento desse conhecimento ocorre por

substituição de explicações já existentes por outras melhores, e não por adição de novas certezas ao grupo das já existentes (Magee, 1998).

A partir de Pierce, a visão da ciência e do conhecimento acabou por deixar de ser considerada como um facto sólido, algo certo, um conhecimento incorrigível - visão predominante da ciência no século XIX -, para passar a ser apreciada como um conhecimento corrigível. Aliás, segundo Pierce “a lógica da ciência é (...) essencialmente probabilística. (...) O cálculo das probabilidades é o único instrumento com que o homem pode tentar tornar racional e inteligível o caos dos acontecimentos casuais do mundo” (Severino, 1986, p. 188).

Os pensadores Delius et al., (2001) referem-se à incerteza do conhecimento defendida por Pierce, conforme se deduz nos seguintes termos: “Para Pierce, não há verdades definitivas; o significado dos conceitos esgota-se numa soma de contextos que, enquanto estrutura de relação, não são nada de absoluto” (p. 95). Esses conceitos são avaliados pelo seu significado de cariz prático.

O pensamento de Pierce leva-o, ainda, a afirmar que na ciência moderna

não existem “verdades” independentemente das operações que têm como tarefa verificar ou rejeitar as hipóteses. No sucesso e no insucesso do agir em que consiste a verificação experimental consiste também a verdade ou falsidade das hipóteses. Mas todo o conhecimento humano (...) é uma hipótese que deve ser posta à prova nas consequências práticas que ele produz quando nela acredita ou a recusa. (in Severino, 1986, p. 188)

Uma outra característica do pensamento de Pierce, que influenciou o século passado, foi a que diz respeito “à relação existencial do homem com o seu conhecimento” (Magee, 1998, p. 187). Na realidade, o homem, ao fazer parte do mundo, participa nele e adquire o conhecimento como participante, e não como mero observador. Acima de tudo, o conhecimento e a compreensão têm de convergir para as necessidades do homem. Estas ideias influenciaram “por exemplo, Heidegger e a moderna escola de existencialismo que se desenvolveu a partir dele, Wittgenstein e a filosofia analítica (...) e a epistemologia de Karl Popper” (Magee, 1998, p. 187).

### 1.3 Uma nova concepção científica no século XX

Tal como Pierce, Dewey (1859-1952) considera o homem ligado à natureza, não existindo nessa relação oposição, mas continuidade e devendo essa continuidade constituir o fundamento da conduta humana. Segundo o naturalismo de Dewey “o homem deve sentir-se solidamente implantado na natureza apesar de estar destinado a modificar-lhe a estrutura e a realizar-lhe o significado” (Abbagnano, 2000, p. 35).

Dewey considera o conhecimento como actividade humana, e o conhecimento científico como o mais confiante e útil para a vida humana. Daí, ter procurado adoptá-lo a outro tipo de saber. Na realidade, o pensador defendia a ideia de “que a ciência era uma forma altamente disciplinada e autocrítica de interrogação com uma estrutura lógica que podia ser aproveitada, com sucesso, a quase todos os tipos de interrogação” (Magee, 1998, p. 190).

Dewey retirou do pensamento idealista de Hegel a convicção de que a realidade é um todo (monismo). Porém, enquanto para Hegel esse todo representa a racionalidade absoluta em que o ser e o devir coincidem, para o pragmatista o todo significa incerteza, erro, risco, servindo a razão como um meio para atingir uma situação que ofereça maior segurança (Abbagnano, 2000).

Dewey concebeu um padrão a seguir para que o conhecimento se desenvolvesse e progredisse. Referindo-se a este desenvolvimento, Magge (1998) refere o seguinte:

começamos sempre com uma dificuldade sentida de qualquer espécie, por isso a nossa primeira preocupação é clarificá-la, por outras palavras, é trabalhar continuamente na formulação do nosso problema. Este processo pode ser difícil e pode passar por diversas etapas. A próxima etapa é inventar uma possível solução para o problema. E a seguinte é testar essa solução experimentalmente. Se a nossa solução for rejeitada pelos testes, teremos que repensar: mas se for confirmada através da experiência teremos o problema resolvido e poderemos prosseguir. (p. 190)

Segundo Delius et al. (2001), Pierce e Dewey são de opinião que “conhecer e agir, teoria e prática, não podem ser separados” (p. 95).

Por outro lado, para Dewey a verdade não pode ser “vista” como cópia da realidade, uma vez que ela não é dissociável do contexto, das pessoas, dos acontecimentos. Ela constitui



sempre uma resposta, embora temporária e aumentando a capacidade da nossa acção, a problemas que surgem em determinadas ocasiões (Deliuss et al., 2001).

Igualmente, o filósofo Severino (1986) aborda o conceito de verdade utilizado por Dewey, referindo os seus efeitos:

ela é sempre provisória e desprovida de garantias absolutas – como acontece com a «verdade» científica – mas apenas desta forma finita e precária a verdade pode fazer face à instabilidade, ao mal, à dor e à irracionalidade do devir e libertar o homem do sonho ilusório de uma verdade absoluta que se apresente como o remédio contra a ameaça do devir. (p. 197)

No contexto das ideias pragmáticas de Dewey, podemos considerá-las a resvalar para um instrumentalismo. Na realidade, o pensador instrumentaliza os métodos lógicos e o pensamento racional para a solução de problemas, não os fixando em verdades eternas. O conhecimento torna-se, assim, o instrumento mais poderoso que o homem dispõe e que está ao seu serviço (Severino, 1986).

A interpretação real dos factos não pode ser encarada como algo privado e individual, mas sim, público e social. Sendo assim, Dewey considera que, apesar de estarmos inseridos numa sociedade, onde a influência do conhecimento científico incita mudanças, se está longe de uma mentalidade verdadeiramente científica. Daí que, para combatermos este desnível, Dewey defenda que se deve apostar numa educação genuinamente científica.

### 1.3.1 O “Círculo de Viena” e a herança do positivismo

O positivismo lógico, empirismo lógico ou neopositivismo é a designação das ideias filosóficas de um grupo de cientistas, matemáticos e filósofos conhecido como Círculo de Viena: Moritz Schlick, Rudolf Carnap, Otto Neurath, Friedrich Waismann, Karl Popper na sua primeira fase, entre outros. Esta corrente teve a sua origem em 1923, num seminário orientado pelo Professor Moritz Schlicke, e a distinção no período que medeia entre a primeira e a segunda Guerra Mundial (Pasquinelli, 1983).

A principal preocupação deste Círculo é referida por Magee (1998) como sendo a de “determinar as bases filosóficas de uma visão científica” (p. 199). Nesta corrente reagrupam-se as filosofias que “entendem e praticam a filosofia como análise da linguagem” (Abbagnano, 2000, p. 140). Por exemplo, segundo a visão de Abbagnano (2000), a análise de linguagem origina duas vertentes diferentes: a análise da linguagem científica, que conduz ao chamado positivismo lógico, que tal como o positivismo clássico considera a ciência como a única forma válida de conhecimento, e a análise da linguagem comum que conduz à filosofia analítica. Os partidários desta última consideram que, no dia-a-dia, se utilizam formas de expressão específicas, cabendo à filosofia interpretar essas formas, assim como o seu significado. Os linguísticos criticavam os positivistas lógicos considerando que estes estavam errados, “ao tentarem confinar os padrões científicos em todas as formas de expressão linguística. Inúmeros tipos diferentes de discurso espontâneo compõem a vida humana e cada um deles tem a sua própria lógica” (Magee, 1998, p. 200). Os filósofos que mais aparecem ligados a esta doutrina são G. E. Moore (1873-1958) e Ludwig Wittgenstein (1889-1951), discípulo de Russel, sendo Wittgenstein considerado o maior impulsionador da filosofia linguística.

Os analistas ingleses da linguagem utilizaram as ideias de Moore relativas ao senso comum, vendo aí a defesa da linguagem comum. Como diria mais tarde Magee (1998), “Moore tinha adoptado a análise das afirmações da linguagem comum, não utilizando nem a ciência nem a lógica técnica como sua bitola, mas sim o senso comum” (p. 200). Deste modo, o pensador, ao assumir a defesa das crenças do senso comum, considera-as como critérios que servirão de julgamento das opiniões filosóficas (Abbagnano, 2000).

Abbagnano (2000) considera que a função da esfera da linguagem do neopositivismo é de algum modo semelhante à função que a “experiência” tinha no empirismo clássico, no sentido de esta constituir o critério da investigação filosófica.

Em linhas gerais, considera-se a atitude filosófica do neopositivismo próxima de Hume. Por exemplo, ambos aceitam a dicotomia entre as proposições que se referem a relações entre ideias (proposições matemáticas) e as proposições que se referem a factos. Estas

últimas apenas serão aceites como verdadeiras se estiverem segundo o que dita a experiência, enquanto que as primeiras possuem em si mesmas a verdade. Esta dicotomia é para Hume e os neopositivistas, a base de eliminação da metafísica, por um lado, porque as suas proposições não pertencem a nenhuma destas categorias, e, por outro, recusam-se a aceitá-la como um sistema de conhecimentos situados para além da experiência sensível (Cordón e Martinez, 1998c).

Segundo estes pensadores, com o neopositivismo a discussão acerca da possibilidade e limites do conhecimento - característica do empirismo clássico e de Kant - passou a ser substituída pelo problema da possibilidade e limites da nossa linguagem. Sendo assim, em vez de nos questionarmos sobre o que podemos conhecer, é mais adequado interrogarmos sobre o que podemos dizer, de modo a que as afirmações possuam significado.

Estes autores afirmam ainda que, no empirismo lógico, existem dois tipos de proposições científicas: as empíricas e as formais, analíticas. Neste ponto, os neopositivistas seguem o empirismo clássico de Hume. As primeiras proposições (os juízos de facto, de Hume) são próprias das ciências empíricas (física, química, biologia, etc.) e fornecem informações sobre os factos que existem ou que acontecem no Universo. A verdade desses factos dependerá da comprovação empírica do que enunciam. As proposições apenas adquirem significado (a sua validade) quando se conhece um critério para serem verificadas (Cordón e Martinez, 1998c; Abbagnano, 2000).

As proposições formais, analíticas (as relações de ideias, de Hume) são próprias das ciências formais, como a lógica e a matemática. E caracterizam-se por não informar acerca dos factos. Portanto, são meras tautologias, onde a verdade é independente dos factos. Carnap, Reichenbach e todos os positivistas defendem o carácter tautológico das proposições (Cordón e Martinez, 1998c; Abbagnano, 2000).

O Círculo de Viena influenciou rapidamente o meio intelectual de outras cidades, concretamente Berlim, onde então se encontrava Hans Reichenbach, que também

perfilhava as ideias centrais do neopositivismo. São elas, como diriam Cordón e Martínez, (1998c, pp. 134-135):

- *“a recusa da metafísica entendida como um sistema de conhecimentos”;*
- *“a exclusividade da tarefa filosófica a uma análise crítica da linguagem e uma procura “do significado das proposições””.*

A propósito desta procura do significado das proposições, Magee (1998) afirma:

os membros do Círculo de Viena acreditavam que o verdadeiro significado de uma afirmação é revelado quando nos perguntamos o que temos que fazer para determinar a sua veracidade ou a sua falsidade e que o significado de uma afirmação pode ser revelado através do seu método de verificação. (p. 199)

O critério para decidir quando é que uma proposição tem ou não significado, e, no caso de ter, qual é ele, levou os neopositivistas à formulação do Princípio da Verificação ou da verificabilidade: “só se conhece o significado de uma proposição quando se conhece como pode ser verificada” (Cordón e Martínez, 1998c, p. 135), ou, por outras palavras, “as proposições têm sentido, para o Círculo de Viena, somente quando é possível indicar em que condições é que elas são verdadeiras. Sabendo quais são essas condições, também sabemos o que significa a proposição” (Deliuss et al., 2001, p. 104).

Os positivistas lógicos defendiam que as afirmações que não fazem diferença nenhuma, cuja veracidade ou falsidade não conduza a qualquer alteração observável, são designadas como afirmações sem conteúdo, que não querem dizer nada. Apenas as afirmações verificáveis fazem sentido (Magee, 1998). Segundo este pensador, os neopositivistas apresentam um ponto comum aos pragmatistas americanos, porém, a sua formulação é mais fechada, na medida que defendem a exclusividade de só as afirmações empiricamente verificáveis serem significativas e o correcto significado das mesmas definido pela sua verificação.

Reichenbach partilha com todos os outros neo-empiristas o critério verificacionista do significado de uma proposição; contudo, invoca uma verificação possível e não uma verificação efectiva.

Este problema da verificação ou verificabilidade do significado das proposições carecia de sentido na maioria das proposições das ciências, conclusão que os neopositivistas tinham dificuldade em aceitar.

Karl Popper (1902-1994), na tentativa de solucionar este problema, transformou o princípio da verificabilidade em princípio de falsificabilidade: “uma proposição possui significado (científico, pertencente à linguagem científica) quando o que afirma pode ser falseado empiricamente” (Cordón e Martinez, 1998c, p. 139).

Segundo estes autores, a proposta de Popper resolve o problema da significatividade das proposições gerais, desde que sejam afirmativas. Porém, em relação às proposições de carácter negativo, elas são verificáveis mas não falseáveis. Sendo assim, a correcção introduzida por Popper não resolve totalmente o problema. Sobre este assunto debruçar-nos-emos noutra secção.

Na primeira obra do neopositivista Carnap (1891-1970), *A Construção Lógica do Mundo* (1928), apresenta-se o modo de formular o sistema dos conceitos (ou objectos) constitutivos da ciência, utilizando, por um lado, os princípios básicos da indagação da teoria das relações da própria lógica matemática de Russel e, por outro, a redução da realidade a dados elementares, que é característica da filosofia quer de Avenarius quer de Mach (Abbagnano, 2000).

A respeito das influências que Carnap sofreu, existem diversos testemunhos do autor. Por exemplo,

inspirado na filosofia russeliana dos objectivos e do método da futura filosofia, empreendi numerosas tentativas, quer de analisar os conceitos da linguagem comum referentes a coisas do nosso meio, e bem assim às suas propriedades e relações observáveis, quer de os definir com o auxílio da lógica simbólica. (...) (por outro lado) desenvolvi a análise do modo habitual, procedendo do complexo para elementos cada vez mais pequenos, por exemplo, dos corpos materiais aos campos visuais instantâneos, em seguida às ilusões de cor e finalmente as posições individuais no campo visual. Daí resultou o que Ernst Mach denominara os elementos. O meu uso de semelhante método acusava provavelmente a influência de Mach e dos fenomenistas. (Carnap, *Intellectual Autobiography*, p. 16, in Pasquinelli, 1983, p. 25)

Porém, é evidente na obra de Carnap uma outra influência: a do neocriticismo. A insistência “no carácter construtivo do conhecimento humano e (...) a relação como categoria fundamental desse conhecimento” (Carnap citado em Abbagnano, 2000, p. 155).

Sendo assim, a teoria do conhecimento de Carnap é uma análise do modo como são logicamente construídos os objectos da ciência a partir de certos elementos originários. Esses elementos são, no entender de Carnap, as experiências vividas elementares, que o autor prefere às sensações de Mach, que constroem não dados mas abstracções dos mesmos (Abbagnano, 2000).

Pasquinelli (1983) acrescenta ainda que Carnap apenas considera como o fundamento exclusivo do conhecimento científico a experiência e o pensamento lógico-matemático, procurando eliminar dele a metafísica e a teologia. Sobre este pensamento Pasquinelli (1983) afirma que:

todos os enunciados científicos são, em última análise, controláveis, fazendo apelo à experiência imediata. Esta e o pensamento lógico-matemático rigoroso, representam o fundamento exclusivo do conhecimento rigoroso, tornando vazias de significado genuinamente cognoscitivo as afirmações da teologia e da metafísica. (p. 37)

Porém, Carnap, na sua obra Probabilidade e Significado (1936-1937), desenvolveu, a partir do critério verificacionista, um “programa fisicalista segundo o qual todas as proposições de uma linguagem teórica científica devem poder ser traduzidas em proposições de uma linguagem de observação” (Deliuss et al., 2001, p. 104).

A linguagem fisicalista é entendida por Carnap como “sistema linguístico universal que, além da terminologia da física (em sentido restrito), conteria ainda todas as expressões da biologia, psicologia, sociologia, etc., reconvertíveis, mediante definições, aos próprios termos físicos” (in Pasquinelli, 1983, p. 64). Deste modo, unificada a linguagem da ciência, esta tornar-se-ia menos fragmentada: “da tese do fisicalismo deriva a tese da ciência unitária” (p. 64). Carnap teve sempre presente uma das teses básicas do Círculo de Viena: a ciência, apesar da diversidade de conteúdos que fazem parte dos seus mais variados campos específicos, é unitária, sendo-o também a sua linguagem.

Mas, mesmo partilhando este aspecto, a linguagem fenomenista baseada em dados sensoriais e adoptada inicialmente por Carnap, assim como pelos outros membros do Círculo de Viena, era menos conforme do que uma linguagem fisicalista relativa “aos requisitos de simplicidade e de intersubjectividade que caracterizam o discurso da ciência” (Pasquinelli, 1983, p. 63).

A vantagem desta intersubjectividade é referida pelo próprio Carnap:

em minha opinião, uma das principais vantagens da linguagem fisicalista é constituída pela sua intersubjectividade, isto é, pela circunstância de que todos os eventos nela descritos são, por princípio, observáveis por acção de quem quer que a use. (Carnap, *Intellectual Autobiography*, pp 50-52, citado em Pasquinelli, 1983, p. 63)

A linguagem fisicalista versa sobre coisas materiais e propriedades observáveis a ela adscritas (Pasquinelli, 1983).

Um outro aspecto da sua teoria inicial, que mais tarde Carnap reviu, tinha a ver com a rigidez dos critérios de interpretação e significado do discurso científico, inicialmente adoptados pelo círculo vienense. Baseando-se em estudiosos como Poincaré, Duhem e nas suas próprias investigações, Carnap propôs que fosse atribuído um carácter hipotético às asserções universais (leis ou teorias da natureza) e aos dados singulares como registos de dados formuláveis na ciência empírica (Pasquinelli, 1983). Esta ideia do carácter hipotético das leis tem várias consequências: (1) afastamento da ideia de qualquer possibilidade de afirmações certas, também preconizada por Otto Neurath, companheiro de círculo, que defendia que “a totalidade dos conhecimentos sobre o mundo é perenemente incerta e carece de correcções ou transformações” (Carnap, *Intellectual Autobiography*, pp. 57-58, citado em Pasquinelli, 1983, p. 66); (2) abandono do critério de verificabilidade como juízo de significação das asserções cognitivas; (3) inadequação do critério de definibilidade explícita (Pasquinelli, 1983).

Segundo este pensador, este assunto conduziu a uma libertação do empirismo, sob dois aspectos:

- substituição do critério de verificabilidade de significação das proposições pelo critério de confirmabilidade: “possibilidade de reduzir os predicados (conceitos)

descritivos da linguagem científica a predicados observáveis que pertençam à linguagem que usamos no dia-a-dia” (Carnap, in Abbagnano, 2000);

- substituição do critério da definibilidade explícita pelo critério de reductibilidade.

Estes aspectos encontram uma exacta confirmação nas próprias palavras de Carnap:

as hipóteses sobre os acontecimentos do mundo físico não podem ser completamente verificadas por meio dos dados empíricos. Por isso, sugeri que se abandonasse o conceito de verificação e que, ao contrário, se conservasse apenas aquela hipótese que fosse mais ou menos confirmada ou infirmada pelos dados experimentais. (...) introduzi mais tarde o conceito quantitativo de grau de confirmação ou de probabilidade lógica. Uma proposição diz-se confirmável, se enunciados observacionais podem contribuir positiva ou negativamente para a sua confirmação. (...) Juntamente com o requisito da verificabilidade completa, deve ser abandonada a nossa tese anterior de que os conceitos científicos são definíveis explicitamente na base de conceitos observacionais, de modo a tornar necessária a adopção de processos mais indirectos de redução. Com essa finalidade, propus uma forma particular de proposições de redução. (Carnap, *Intellectual Autobiography*, pp. 58-59, citado em Pasquinelli, 1983, pp. 67-68)

Em suma, para os empiristas lógicos, o conhecimento científico é empírico, mas também é racional e lógico, uma vez que “tem subjacente uma lógica indutiva que fundamenta a validade das inferências científicas retiradas dos dados, permitindo considerá-las perfeitamente racionais e objectivas” (Valadares, 1995, p. 141).

No fundo, legitimar e justificar a ciência foi um dos objectivos desta corrente que dominou até aos anos sessenta.

O positivismo acabou por ser fortemente criticado do ponto de vista filosófico, particularmente pelos pensadores construtivistas, devido à conjugação de vários factores. Entre eles, Cordón e Martinez (1998c) destacam:

- dificuldade em clarificar as suas principais ideias;
- formulação do princípio da verificação de um modo não satisfatório;
- dificuldade exterior à corrente positivista, proveniente da psicologia da forma (Gestalt): não existem percepções puras. Nas percepções existem misturas de observação e de teoria. Isto conduz a que os enunciados da observação sejam falíveis tanto quanto as teorias que os sustentam.



Segundo Valadares (1995), o triunfo do construtivismo só se tornaria possível com a queda do neopositivismo, preocupado “apenas com a análise lógica das proposições científicas e não com o modo como a ciência funciona” (p. 141).

#### 1.4 O construtivismo

A partir dos meados do século XX surgem as filosofias de cariz construtivista. Dos filósofos da ciência cujas ideias se fundamentaram numa epistemologia de cariz construtivista, encontramos, por exemplo, Popper, Lakatos, Kunh, Bachelard e Toulmin, que influenciaram o construtivismo contemporâneo. De um modo geral, estes autores “convergem na ideia de que a teorização precede a observação, havendo um imbricamento inevitável entre as duas” (Santos, 1998, p. 48) e, além disso, reconhecem o carácter construtivo e não definitivo do conhecimento. Estes pensadores opõem-se à postura empírico-indutivista, positivista e neopositivista da ciência, que defendem a existência do conhecimento verdadeiro sobre o mundo alcançável através da análise objectiva dos factos.

##### 1.4.1 A epistemologia de Popper

###### 1.4.1.1 A lógica do desenvolvimento do conhecimento científico de Popper

Popper é considerado como “um dos pensadores mais fecundos” do século XX, como refere Hegenberg na biografia que escreveu do filósofo. A obra *A Lógica da Pesquisa Científica*, escrita por Popper em 1935, causou um forte impacto no pensamento científico em geral. O pensador elaborou uma teoria epistemológica, especialmente dirigida ao empirismo lógico do Círculo de Viena. Lakatos (1998) considera a teoria de Popper como a que melhor representa a “demolição lógico-epistemológica do indutivismo” (p. 51).

Contra a lógica indutiva, preconizada pelo neopositivismo, Popper considera que os enunciados singulares são apenas descrições de resultados de observações ou de resultados experimentais, não podendo inferir-se deles enunciados universais, por maior que seja o seu número. Com efeito, segundo as palavras de Popper (1980):

está longe de ser óbvio, de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa: independentemente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos. (p. 27)

Por outro lado, o problema da indução também estava relacionado com a “indagação acerca da validade ou verdade de enunciados universais que encontrem base na experiência, tais como as hipóteses e os sistemas teóricos das ciências empíricas” (Popper, 1980, p. 28). Na realidade, as pessoas acreditavam que a verdade implícita nesses enunciados universais podia ser conhecida, verificada, através da experiência. Ora, para o autor, esta ideia era inaceitável: “nunca suponho que possamos sustentar a verdade de teorias a partir da verdade de enunciados singulares. Nunca suponho que, por forças de conclusões verificadas, seja possível ter por verdadeiras ou mesmo por meramente prováveis quaisquer teorias” (1980, p. 34).

Popper considera a inexistência de um método lógico para alcançar novas ideias ou mesmo para reconstruir esse processo de uma forma lógica. Ele expressa que “toda a descoberta encerra um elemento irracional ou uma intuição criadora” (1980, p. 32). Esta ideia foi influenciada por um grande físico, Albert Einstein, que afirma não existir “caminho lógico que leve a essas leis. Elas podem ser alcançadas por intuição, alicerçada em algo assim como um amor intelectual aos objectos da experiência” (in Popper, 1980, p. 32).

No entanto, para ambos os autores, a dedução poderá fornecer um caminho na procura das leis universais. “A partir de uma ideia nova - diz Popper - formulada conjecturalmente e ainda não justificada de algum modo (antecipação, hipótese, sistema teórico ou algo análogo) podem-se tirar conclusões por meio de dedução lógica” (1980, p. 33).

Para Popper (1980) e Einstein, a ciência não é mais do que um conhecimento conjectural. As teorias científicas não passam de conjecturas, de hipóteses bem sucedidas, onde “nunca podemos ter a certeza de que até mesmo a mais bem fundamentada teoria não possa ser derrubada e substituída por uma aproximação melhor - é, creio, o resultado da revolução einsteiniana” (Popper, 1996, p. 119).

Mas esta revolução, que contribuiu para uma melhor aproximação da verdade relativamente às ideias newtonianas, trouxe ainda, no entender de Popper, algo mais importante: a destruição do autoritarismo na ciência. De facto, a própria ciência era considerada como um corpo de conhecimento, com teorias provadas, em que as hipóteses desempenhavam um papel heurístico e transitório.

O crescimento da ciência ocorria por adição de certezas descobertas sempre em fase de expansão de certezas já anteriormente existentes, “como uma arca do tesouro, cujo conteúdo continua a aumentar com o tempo: o que já lá está limita-se a ficar igual, à medida que são acrescentadas coisas novas” (Magee, 1998, p. 220). Segundo o autor, a aplicação da ciência newtoniana permitia que o homem ocidental acreditasse que tinha descoberto um conjunto de conhecimentos sólidos. Porém, com as ideias de Einstein, o conhecimento começou a ser visto como impreciso. Este facto teve consequências, tanto para a filosofia como para a ciência.

O primeiro homem a desenvolver a ideia de que a teoria não passa de mera conjectura foi o pré-socrático Xenófanes. Ele associava a ideia de verdade objectiva - concordância entre uma afirmação e os factos - à ideia da falibilidade humana. A verdade não deve ser confundida com o saber seguro, com a certeza (Popper, 1989). Xenófanes insinua, com toda a razão - diz Popper (1989) - existirem verdades que ninguém sabe com certeza, e mesmo existirem verdades de que ninguém sequer suspeita. Popper (1992, p. 45) cita parte do poema de Xenófanes acerca deste assunto:

Mas quanto a certa verdade, nenhum homem a conheceu.  
Nem a há-de conhecer; nem dos deuses,  
Nem de todas as coisas de que falo.  
E ainda que ele, por acaso, houvesse de exprimir  
A verdade perfeita, ele próprio não saberia disso:

pois tudo não passa de uma teia tecida de conjecturas.

Daí que o saber científico não seja considerado um saber certo. Como refere explicitamente Popper (1989), o saber é “susceptível de ser revisto. É constituído por conjecturas verificáveis - na melhor das hipóteses por conjecturas testadas rigorosamente, se bem que em todo o caso não passem de conjecturas. Trata-se de um saber hipotético, de um saber conjectural” (p. 179).

O aumento do conhecimento e do conhecimento científico ocorre por aprendizagem sistemática, através dos nossos erros. Daí, o cientista dever testar rigorosamente as suas teorias de modo a detectar e eliminar as falhas e os erros que elas possam conter (testabilidade). O verdadeiro trabalho do cientista não é o de procurar a explicação e a justificação da sua teoria, mas sim, sujeitá-la à tentativa de refutação (falsificação), pela experiência.

Popper considera a falseabilidade de um sistema como critério de demarcação entre ciência e não ciência, abandonando o critério da verificabilidade do neopositivismo. Popper, na obra *A Lógica da Pesquisa Científica*, refere-se à refutação pela experiência do seguinte modo:

não exigirei que um sistema científico seja susceptível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que a sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico. Assim, o enunciado “choverá ou não choverá aqui, amanhã” não é considerado empírico, simplesmente porque não admite refutação, ao passo que será considerado empírico o enunciado “choverá aqui, amanhã”. (1980, p. 42)

Apenas uma teoria que subentenda ou declare que determinados acontecimentos não ocorrerão, é passível de ser testada. O teste consiste em tentar provocar, utilizando todos os meios disponíveis, os acontecimentos que, segundo a teoria não devem ocorrer (Popper, 1996). Esta nova forma de abordagem ligada à ideia de testar, quer dizer, refutar as suas conjecturas, opõe-se à ideia de provar ou verificar a teoria, que estava no cerne do neopositivismo.

#### 1.4.1.2 O racionalismo crítico

A teoria de Popper pressupõe, ainda, um racionalismo crítico. Na realidade, o pensador considera racionalista “um homem que deseja compreender o Mundo e aprender através da discussão com outros homens” (Popper, 1992, p. 40). Essa discussão envolve criticá-los, solicitar a crítica deles e tentar aprender com isso. Esta ideia, associada à rejeição em aceitar certezas absolutas, vem já de Sócrates:

não sabemos nada de certo, (...) o seu método era, pois, um método crítico. Foi este método crítico que o conduziu ao falibilismo e ao entendimento de que ele e os outros estavam longe do saber nas questões de ética. (Popper, 1989, p. 44)

Acerca do aspecto da crítica e do seu proveito para a ciência, Popper (1989) atribui-lhe um papel decisivo. De facto, considera a ciência como uma actividade crítica, onde testamos criticamente as hipóteses, no sentido de detectar erros e na esperança de, ao eliminarmos os erros, nos aproximarmos da verdade, que nunca é considerada absoluta.

Apesar de o relativismo defender que, qualquer que seja a verdade, esta não é universalmente válida, sendo a verdade relativa, com uma validade limitada, Popper não se identifica com o relativismo, nem com o construtivismo radical, conforme se deduz das suas palavras:

embora só “relativamente” possamos julgar as teorias, no sentido de as compararmos umas com as outras (e não com a verdade, que não conhecemos), tal não significa que sejamos relativistas (...) pelo contrário, ao compará-las tentamos encontrar aquela que julgamos mais se aproximar da (desconhecida) verdade. Portanto, a ideia de verdade (de uma verdade “absoluta”) desempenha um papel importantíssimo na nossa discussão. Constitui a nossa principal ideia reguladora. Embora nunca possamos justificar a afirmação de que chegámos à verdade, podemos muitas vezes fornecer boas razões, ou uma justificação, segundo as quais uma teoria se deve considerar mais próxima dela do que outra. (Popper, 1996, p. 197)

O pensador acrescenta, ainda, que se identifica com os pragmatistas ou instrumentalistas, quando estes defendem que não devemos nem podemos aspirar a um conhecimento puro com as nossas teorias, porém, afasta-se deles quando afirmam que as teorias científicas são apenas instrumentos para o cálculo e a previsão de fenómenos iminentes (Popper, 1996).

#### 1.4.1.3 O realismo crítico

Para Popper as teorias científicas constituem instrumentos reais, mas não só, pois defende que, com a ciência, podemos aprender algo acerca da estrutura do nosso mundo, uma vez que as teorias científicas podem oferecer explicações satisfatórias que podem ser por nós percebidas, aumentando, deste modo, a compreensão do mundo. Nesta ideia está implícita a posição realista de Popper. Sobre este assunto, o autor diz:

as teorias científicas não são só instrumentos, mas sim enunciados descritivos genuínos. São conjecturas genuínas acerca do Mundo. Claro que esta é uma posição realista: faz com que nos seja possível dizer que uma teoria científica, ou uma lei da natureza, pode ser verdadeira (mesmo que nunca possamos ter a certeza disso). (Popper, 1992, p. 133)

O realismo de Popper parte da existência incontestável do Mundo (Cordón e Martinez, 1998c) que ele considera formado por três submundos: “o Mundo físico, Mundo 1, dos corpos e dos estados, processos e forças físicas; o Mundo psíquico, Mundo 2, das vivências e dos processos psíquicos inconscientes; e o Mundo 3, dos produtos do espírito” (1989, p. 21).

A interacção entre os diversos mundos é aquilo que o pensador considera como formação da realidade:

a interacção que consiste de múltiplas retroacções, dentro da qual trabalhamos com o método do ensaio e do erro. (...) a formação da realidade é assim uma realização nossa; um processo que não pode ser entendido se não tentarmos compreender todas as suas três faces, esses três mundos; e se não tentarmos compreender a forma e o modo como esses três mundos se influenciam reciprocamente. (1989, p. 37)

Relativamente às fontes do conhecimento, Popper defende que não existe uma fonte derradeira do conhecimento. Qualquer fonte é bem-vinda, no entanto, também ela é objecto de verificação crítica. As fontes de saber correspondem à tradição, à intuição, à imaginação intelectual, à criatividade e, em menor grau, à observação e aos raciocínios lógicos (Popper, 1989). Mas, e acima de tudo, a Popper interessa a revelação do erro e a verificação crítica das teorias formuladas, para que se consiga progredir obtendo uma maior elucidação na explicação dos fenómenos, avançando no sentido do conhecimento da ciência.

#### 1.4.1.4 A evolução da ciência popperiana

Popper, ao defender que a ciência evolui por meio de tentativas, erros e descobertas provisórias, não aceita

a hegemonia da ciência normal de Kuhn: “é o científico não normal, audacioso, crítico, que abre caminho através das barreiras da normalidade e deixa entrar o ar fresco”; uma ciência que cultiva a rotina e tem horror à inventividade desqualifica-se enquanto ciência. (Baudouin, 1989, p. 44)

Para Popper, e ao contrário da fórmula baconiana, a ciência não começa com a observação, mas por teorias, por preconceitos, superstições e mitos; ou melhor, a ciência começa por problemas - problemas práticos ou problemas teóricos. Para encontrarmos uma solução adequada ao problema, temos de nos familiarizar com ele, compreender porque razão as soluções mais óbvias não resultam. Num processo de tentativa e erro, tentamos encontrar a sua solução (Popper, 1996).

Uma teoria, apesar de nunca ser verificada, pode ser corroborada, se resistir com sucesso aos testes mais severos, nomeadamente, a uma experimentação crucial, e não ser substituída por uma teoria rival. Contudo, a teoria corroborada é aceite provisoriamente pela comunidade científica, sendo o seu destino natural, um dia, ser refutada pela determinação de novos factos. Efectivamente, para Popper, as teorias aceites pela comunidade científica nunca são teorias verdadeiras, mas apenas teorias que ainda, no momento, não são consideradas falsas. A aplicação do modelo tentativa e erro, que está implícito no modelo popperiano, leva o homem da ciência a renunciar “às certezas individuais e a uma aceitação sem reservas de que as suas próprias conjecturas sejam publicamente debatidas e combatidas no seio da comunidade científica (“intersubjectividade”)” (Baudouin, 1989, p. 29).

Popper extrapolou as ideias das ciências naturais às ciências humanas, referindo mesmo que elas inspirariam a arte de governar. Estas ideias estão presentes nas suas obras, *A Sociedade Aberta e os seus Inimigos* e *O Mito do contexto*.

Popper defendia uma sociedade aberta, que ele caracterizava como “uma sociedade baseada na ideia de respeito pelas opiniões dissidentes e não pela sua simples tolerância”

(1996, p. 142), e uma democracia destinada a proteger a sociedade aberta. Este tipo de sociedade não florescia se a ciência fosse exclusiva de um conjunto restrito de especialistas.

A propósito da relação política-ciência, que Popper advogava, Magee (1998) afirma que o pensador

defendia que a certeza estava tão disponível para a política como o estava para a ciência e, portanto, a imposição de um único ponto de vista nunca é justificada. (...) Na política, tal como na ciência, estamos continuamente a substituir as ideias estabelecidas por aquelas que esperamos sejam ideias melhores. A sociedade também está num estado de mudança constante e o ritmo dessa mudança é cada vez mais rápido. (...) Assim, aquilo em que estamos comprometidos é na resolução perpétua de problemas. Devemos estar sempre a procurar os piores males sociais e a tentar eliminá-los. (Magee, 1998, pp. 223-224)

O processo do conhecimento, como processo evolutivo, foi influenciado pelas principais conquistas da teoria evolucionista. Deste modo,

tal como uma transformação decisiva do meio-ambiente pode provar a adaptação de certas espécies e a eliminação de outras, também do mesmo modo, do resultado de uma experiência falsificante pode depender a adopção (provisória) de uma teoria e, ao mesmo tempo, a eliminação (definitiva) de uma teoria inferior. As experiências permitem que os cientistas façam selecções entre as teorias concorrentes. (Baudouin, 1989, p. 38)

Ou, como o próprio Popper (1980) afirma: “o objectivo não é o de salvar a vida de sistemas insustentáveis, mas, pelo contrário, o de seleccionar o que se revele, comparativamente, melhor, expondo-os todos à mais violenta luta pela sobrevivência” (p. 44).

Em síntese, podemos afirmar que, segundo Popper, a ciência progride através de conjecturas e refutações, e não, como o neopositivismo preconiza, por indução e por verificabilidade.

Jorge (1996) descreve o modelo popperiano de ciência do seguinte modo:

a investigação científica seria essencialmente, um vaivém entre conjecturas que funcionam como perguntas, questões postas à natureza e refutações, mercê de testes e experimentos. Mas os resultados duma experiência não existem se não forem publicados e o processo de publicação passa pela revisão dos pares. (pp. 399-400)

Esta autora traduz este modelo pela seguinte figura:



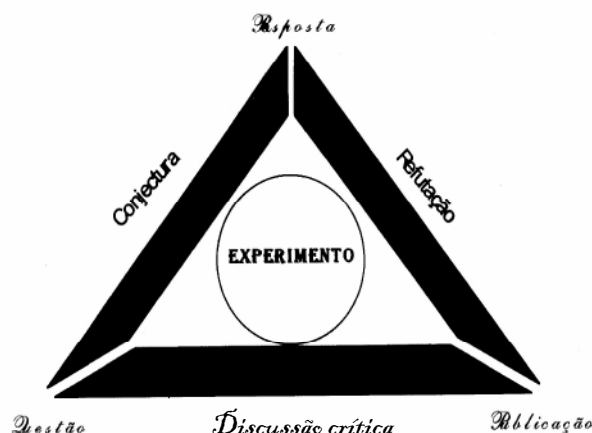


Figura 3 – Modelo popperiano de Ciência (adaptado de Jorge, 1996, p. 400).

O conhecimento científico é construído com o objectivo de descrever, compreender e agir sobre a realidade. Além disso, as teorias científicas não podem ser demonstradas como verdadeiras, elas são virtualmente provisórias, sujeitas a reformulações e reconstruções (Silveira, 1996a).

Apesar de Popper se aproximar do construtivismo, não tem em conta as préconcepções dos alunos, componente valorizada no construtivismo de Novak, que adoptámos nesta investigação e que desenvolveremos mais tarde.

#### 1.4.2 A epistemologia de Lakatos: os programas de investigação científica

Imhre Lakatos, epistemólogo de origem húngara (1922-1974), é considerado um brilhante metodologista. Ele propõe uma teoria construtiva e mediadora do racionalismo crítico de Popper com o desenvolvimentismo de Kuhn.

Lakatos, contrariamente a Popper e aos neopositivistas, não fala em teorias isoladas, mas em programas de investigação científica (PIC). O essencial para Lakatos, é levar o cientista a tomar consciência de um conjunto de regras metodológicas que estão na base do

progresso do conhecimento. O PIC surge como alternativa ao conceito kuhniano de ciência normal.

Um PIC é constituído por uma sucessão de teorias em conjunto com regras metodológicas, em cuja composição estão presentes três componentes (Lakatos, 1998):

- um núcleo duro (hard core) composto por teorias e leis convencionalmente aceites pela comunidade científica;
- uma cinta protectora (protective belt) de hipóteses auxiliares que protegem o núcleo das refutações, garantindo a sua irrefutabilidade;
- uma heurística, conjunto de métodos e regras que orientam novas pesquisas. Esta pode ser positiva ou negativa. A heurística positiva é constituída por um conjunto de regras metodológicas que orientam o desenvolvimento do programa científico, desenvolvendo hipóteses auxiliares extremamente úteis ao mesmo. A heurística negativa, igualmente constituída por regras metodológicas, inclui a adição ou a subtracção de hipóteses auxiliares, proibindo qualquer modificação do núcleo-duro do programa. Para que o programa sobreviva as hipóteses auxiliares não podem contradizer o núcleo duro.

Um PIC pode ser progressivo ou degenerativo. O programa é progressivo quando a sua heurística positiva consegue conceber previsões corroboradas pela experiência. Acerca deste aspecto, Lakatos (1998) diria que, “um programa de investigação está a progredir enquanto o seu desenvolvimento teórico antecipar o seu desenvolvimento empírico, ou seja, enquanto ele continuar a predizer factos novos com algum sucesso (“alteração de problemas progressiva”)” (p. 33). Ou ainda, por outras palavras, “(um programa) é teoricamente progressivo se cada modificação conduzir a novas e inesperadas predições, e é empiricamente progressivo se pelo menos algumas destas novas predições forem corroboradas” (Lakatos, 1998, p. 91).

Como exemplo “supremo” de um programa progressivo, Lakatos (1998) refere-se ao programa de Newton, como antecipando “êxitos de factos novos, como o regresso do cometa de Halley, a existência e a trajectória de Neptuno....” (p. 91).

O programa está em degenerescência quando se acomoda às novas descobertas que vão surgindo por meio de hipóteses auxiliares sem ser capaz de efectuar previsões acerca de novas descobertas, ou quando ele “antecipe factos novos mas o faça num desenvolvimento pouco cuidado e não através de uma heurística positiva, pré-delineada e coerente” (Lakatos, 1998, p. 65).

Segundo o autor, a competição na Ciência ocorre entre os programas de investigação científica. As chamadas revoluções científicas constituem-se como processo racional de superação de um programa degenerativo por um outro que se revela progressivo.

Escreve o epistemólogo (1998): “como acontecem as revoluções científicas? Se tivermos dois programas de investigação rivais, um deles progressivo e o outro degenerativo, os cientistas tendem a aderir ao programa progressivo. Esta é a base racional das revoluções científicas” (p. 19).

Nesta linha de pensamento, Lakatos (1998) diz ainda:

as grandes realizações científicas são programas de investigação que podem avaliar-se em termos de alterações progressivas e degenerativas de problemas; e as revoluções científicas consistem na substituição (ultrapassagem no progresso) de um programa de investigação por outro. Esta metodologia oferece uma nova reconstrução racional da ciência. (p. 31)

Pode-se comparar a substituição de um PIC, em degenerescência, por um outro, que se revela progressivo, à revolução paradigmática de Kuhn. Contudo, estes dois pensadores divergem. Nomeadamente, para Kuhn, os paradigmas são “visões do mundo que não podem viver pacificamente” (Cordón e Martinez, 1998c, p. 166), enquanto que os programas de Lakatos são “sistemas de teorias acerca de determinado domínio e pode haver coexistência entre dois ou mais programas que tratem das mesmas questões (pode haver escolas diferentes)” (Cordón e Martinez, 1998c, p. 166). O trabalho simultâneo em dois programas rivais mostra que a tese de incomensuralidade de Kuhn é insustentável.

Porém, Lakatos e Kuhn partilham a mesma opinião acerca da ideia de progresso. Com efeito, ambos defendem progresso relativamente à origem, mas não com vista a uma determinada meta. Trata-se de um realismo convergente, onde as teorias cada vez mais

constituem aproximações à verdade, e não realismo científico, no sentido absoluto (Cordón e Martinez, 1998c).

No interior de um programa de investigação, uma teoria apenas é eliminada quando existe outra que, face à sua antecedente, “apresenta mais conteúdo empírico adicional, parte do qual é ulteriormente confirmado” (Lakatos, 1998, p. 33). Nesta substituição não se destaca a falsificação da primeira teoria, no sentido atribuído por Popper.

O progresso ocorre “por incidências verificadoras do conteúdo adicional” (Lakatos, 1998, p. 33). Enquanto para Popper o que conta são as refutações da teoria, para Lakatos são as confirmações da teoria que se revelam importantes. Esta diferença conduz a uma representação racional de mudança científica diferente da estabelecida por Popper.

Por outro lado, para Lakatos torna-se difícil decidir quando é que um programa degenerou irremediavelmente ou mesmo quando é que um dos programas rivais conquistou uma vantagem decisiva sobre o outro. Nesta metodologia não existe lugar para uma racionalidade imediata. Uma boa teoria necessita de tempo para se desenvolver. Neste ponto, Lakatos (1998) critica Kuhn, afirmando que este “está errado ao pensar que as revoluções científicas são mudanças de visão súbita e irracionais” (p. 19), e também Popper. A este propósito, Lakatos (1998) menciona que,

a metodologia dos programas de investigação científica, em contraste com Popper, não oferece uma racionalidade imediata. É preciso tratar com brandura os programas em embrião: os programas podem levar décadas até darem os primeiros passos e se tornarem empiricamente progressivos. (p. 19)

Neste contexto, a obstinação e a modéstia têm um papel de relevo, como o próprio diz:

deve ter-se consciência de que o adversário, mesmo muito atrasado, pode ainda organizar um regresso. Nenhuma vantagem para um dos lados se pode alguma vez considerar como absolutamente conclusiva. Nada no triunfo de um programa é inevitável. Nada igualmente é inevitável na sua derrota. Assim, a obstinação, como a modéstia, tem um maior alcance racional. (p. 34)

Como Popper, Lakatos considera que os resultados da ciência devem ser registados e publicamente divulgados à comunidade.

Atacando o critério de falsificabilidade de Popper, Lakatos defende que este não pode ser considerado como tendo um carácter exclusivo na teoria. Com efeito, as teorias vivem “num

oceano de anomalias” (Lakatos, 1998, p. 49), não devendo, por isso, os cientistas ignorá-las nas escolhas dos problemas.

Lakatos (1998) acrescenta ainda que “alguns dos mais importantes programas de investigação científica progrediram com base em fundamentos inconsistentes” (p. 49), sendo “o progresso científico possível mesmo que nunca se consiga fazer desaparecer as anomalias científicas” (Lakatos, 1998, p. 57).

Em jeito de síntese, podemos afirmar que Lakatos propõe, contra o modelo racional crítico e construtivo de Popper, e contra as mudanças de visão súbitas e irracionais do modelo de Kuhn, um programa de investigação científica racional, crítico com carácter construtivo. O modelo racional de Lakatos pode ser traduzido pelo esquema da figura 4.

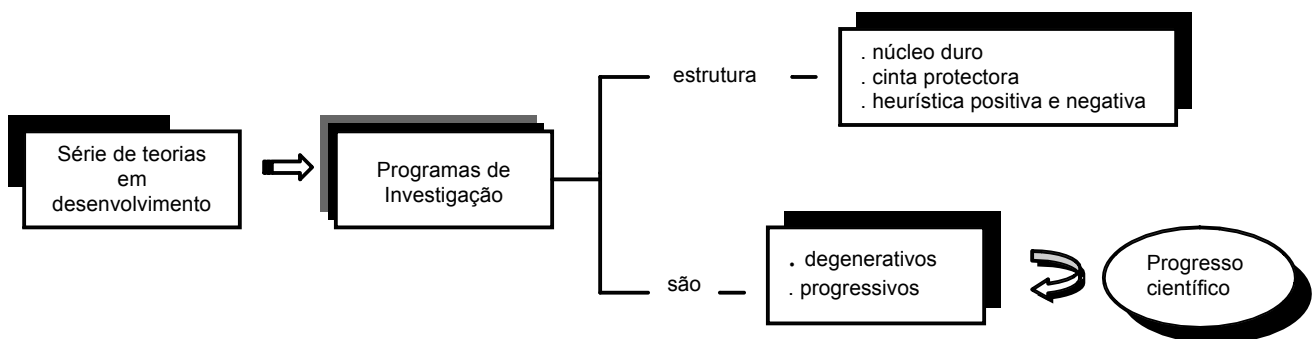


Figura 4 – Modelo de Lakatos.

Da epistemologia racionalista e crítica de Lakatos e Popper, retiramos alguns pontos comuns, que partilhamos com Silveira (1996b), e que servirão de base para o ensino das ciências. Assim consideramos que:

1. o conhecimento científico descoberto pelo método indutivo é erróneo;
2. qualquer tipo de observação e/ou experimentação são guiadas por teorias, palpites teóricos;
3. não se abandona uma teoria sem reconhecer outra como melhor. Todo o conhecimento é modificação de algum conhecimento anterior;

4. a obtenção de um novo conhecimento está sujeito a todo o tipo de influências, inclusive da metafísica. O conhecimento envolve a intuição, a imaginação e a razão;
5. o conhecimento científico é uma construção de carácter humano, sujeita a discussão crítica que descreve, compreende e actua sobre a realidade. É provisório e sujeito a reformulações, a reconstruções;
6. a teoria aceite no momento é a que melhor se aproxima da verdade. Não existe verdade absoluta;
7. fontes, como, por exemplo, a intuição intelectual, a imaginação intelectual, a observação, o raciocínio lógico, a tradição, são importantes para a construção de um novo conhecimento.

#### 1.4.3 A estrutura de produção científica: ciência normal e ciência revolucionária de Kuhn

O físico, historiador e filósofo da ciência, Thomas S. Kuhn, nasceu em 1922 em Ohio (EUA). Tornou-se conhecido após a publicação, em 1962, da obra intitulada *A Estrutura das Revoluções Científicas*, que marcou o fim da era positivista (Cordón e Martinez, 1998c). Kuhn demonstrou que a ciência e o seu desenvolvimento não se regem pelas ideias do positivismo lógico: a produção de conhecimento científico começa com a observação neutra, ocorre por indução, é cumulativa, linear e o conhecimento é definitivo.

Segundo Cordón e Martinez (1998c), a obra de Kuhn sofre influências de Popper, concretamente sobre “a importância das decisões da comunidade científica no que diz respeito ao desenvolvimento, aceitação e mesmo refutação das teorias” (p. 164), e ainda da psicologia da forma (Gestalt): em qualquer percepção existe mistura de observação e teoria, daí a falibilidade das observações tanto quanto as teorias que as fundamentam. Os

gestaltistas afirmavam ser a percepção uma totalidade não resultante da soma das sensações, uma vez que o todo é diferente da soma das suas partes.

Na obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Kuhn mostra que a ciência evolui, não só progressivamente, mas também revolucionariamente, ao nível dos princípios de explicação que comandam a nossa visão do mundo. Reconhece o carácter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento. Ao nível da ciência não há uma verdade absoluta. A verdade de cada teoria funciona apenas dentro de cada paradigma.

A ciência é obra humana e, tal como o homem, ela faz-se e refaz-se sem cessar. Ao acompanhar o desenvolvimento progressivo da ciência, descobrimos nesse processo as hesitações, as polémicas, as vitórias, os momentos de crise, de euforia e de confiança. Esta análise do percurso da ciência em devir leva-nos a concluir que a ciência constrói-se por acumulação de conhecimentos, mas também por rupturas, por detecção e eliminação de erros. Sendo assim, o processo de construção do conhecimento científico não pode ser considerado linear, nem tão pouco contínuo - excepto em tempo de ciência normal -, mas descontínuo, detectando nele momentos de crise e de revolução.

Baseando-se numa análise histórica cuidadosamente elaborada, Kuhn encara o processo da ciência como uma cadeia de fases, que se vão repetindo, num sistema considerado cíclico (Kuhn, 2001).

Existe uma fase pré-paradigmática, durante a qual os fenómenos são investigados sob teorias diferentes, conduzindo, conseqüentemente, a modelos diferentes. Depois, existe um debate permanente e confronto entre as várias teorias, existindo tantas explicações quantas as perspectivas. Segue-se a emergência paradigmática, que corresponde ao desenvolvimento de acordos entre cientistas acerca: do modo como construir ciência; modelos de acção e de reflexão a utilizar; procedimentos metodológicos a usar; crenças gerais acerca do mundo; conjunto de problemas científicos e ideias sobre o modo de as resolver, etc. Nesta fase, pode-se firmar a constituição de uma comunidade científica, formada por pessoas que partilham um paradigma. A esse propósito, escreve Kuhn (2001): “uma comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire um critério para a escolha de

problemas que, enquanto o paradigma for aceite, poderemos considerar como dotados de uma solução possível” (p. 60). Quanto aos problemas que anteriormente tinham sido aceites, são, segundo o pensador, “rejeitados como metafísicos ou como sendo parte de outra disciplina. (...) (ou) como demasiado problemáticos para merecerem o dispêndio de tempo” (idem, p. 60).

Para que um paradigma triunfe, é preciso percorrer uma série de passos, “que ele conquiste alguns adeptos iniciais, que o desenvolverão até ao ponto em que argumentos objectivos possam ser produzidos e multiplicados” (Kuhn, 2001, p. 199). Depois, adoptar-se-á a nova maneira de praticar a ciência normal.

O período da ciência normal equivale à época dominada por um paradigma, que é adoptado pela comunidade científica, e utilizado na explicação das observações e experiências. Como afirma Kuhn (2001), “a ciência normal significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para a sua prática posterior” (p. 29).

Nesta fase, existe permanência dos acordos, no quadro teórico do paradigma, sobre os princípios, modelos, teorias, etc. Ela corresponde a um período consensual de tranquilidade teórica. O pensador vê ainda este período de ciência normal como “actividade que consiste em solucionar quebra-cabeças” (idem, p. 77). Corresponde a “um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem sucedido no que toca ao seu objectivo, à ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico” (idem).

Segundo Kuhn (2001), o termo quebra-cabeça indica “a categoria particular de problemas que servem para testar a nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas” (p. 59).

A certa altura, ocorre a crise paradigmática, que diz respeito ao período em que a ciência normal entra em crise. Nesta fase existem determinados problemas que apresentam insuficiências teórico-explicativas. Na comunidade científica nota-se a divisão entre conservadores e renovadores, revelando um clima de intranquilidade. Como Kuhn (2001)



explícita “essa insegurança é gerada pelo fracasso constante dos quebra-cabeças da ciência normal em produzir os resultados esperados. O fracasso das regras existentes é o prelúdio para a busca de novas regras” (p. 95).

Para Kuhn (2001), as crises podem terminar por um dos seguintes três processos:

- *“a ciência normal acaba revelando-se capaz de tratar do problema que provoca a crise, apesar do desespero daqueles que o viam como o fim do paradigma existente” (p. 115);*
- *persistência do problema que originou a crise, resistindo a novas abordagens aparentemente radicais. Os cientistas concluíram que, do estado actual da área de estudo, não surgirá nenhuma solução para o problema em causa. Sendo assim, atribuem ao problema um nome e põem-no de lado até ao aparecimento de instrumentos do conhecimento mais elaborados;*
- *ou então, emerge um “novo candidato a paradigma, com uma subsequente batalha pela sua aceitação” (p. 116).*

No entender do pensador, uma revolução científica (paradigmática) corresponde à transição para um novo paradigma, sendo “o padrão usual de desenvolvimento da ciência amadurecida” (Kuhn, 2001, p. 32) e uma fonte fundamental do progresso. Para o autor, progresso é compreendido no sentido de os cientistas, com os seus conhecimentos, contribuírem para um afastamento da ciência, relativamente ao ponto de partida, dominando cada vez mais a natureza, e não porque se aproximam de um hipotético ponto de chegada, que corresponde à aproximação contínua da verdade (Cordón e Martinez, 1998c). Nesta última perspectiva, a mudança de paradigma seria, então, um passo nessa caminhada rumo à verdade. Ora, para Kuhn, o desenvolvimento da ciência não aparece ligado a uma finalidade pré-estabelecida e em que o conceito de verdade é menos valorizado do que a relação entre as teorias científicas e as convicções dominantes nas comunidades científicas de certas épocas. Kuhn propõe-nos, assim, o desenvolvimento da ciência mais em termos de evolução do que em função de um objectivo final, de que a ciência progressivamente se aproximaria. A negação do progresso, como aproximação à verdade, levou a que o

pensamento de Kuhn fosse considerado como relativista e irracional (Cordón e Martínez, 1998c).

A transição de um paradigma em crise para um novo é considerada um “episódio de desenvolvimento não-cumulativo” (Kuhn, 2001, p. 125), obtido por meio da articulação total ou parcial do velho paradigma, incompatível com o novo. Entre o velho e o novo paradigma existe uma descontinuidade, uma ruptura. Quer dizer, no sentido kuhniano, que eles são incomensuráveis, não podem coexistir, são inconciliáveis. Exemplo disso é a substituição do paradigma ptolomaico geocêntrico pelo paradigma heliocêntrico de Copérnico e Galileu, que alterou não apenas as práticas e as concepções científicas, mas também a visão do mundo e o lugar do homem no seu seio (idem).

Uma vez completada a transição entre paradigmas, Kuhn (2001) diz que os cientistas são conduzidos por um novo paradigma, orientam o seu olhar em novas direcções, alteram modelos, teorias, procedimentos, metodologias de experimentação, etc. A este propósito, o autor afirma que,

durante as revoluções, os cientistas vêem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente. É como se a comunidade profissional tivesse sido subitamente transportada para um novo planeta, onde objectos familiares são vistos sob uma luz diferente e a eles se apregam objectos desconhecidos. (...) após uma revolução, os cientistas reagem a um mundo diferente. (pp. 145-146)

O pensador acrescenta ainda que nem os períodos de crise nem as mudanças de paradigmas se explicam de maneira exclusivamente lógica. A decisão de escolha de um paradigma é fortemente motivada por factores ligados quer à psicologia, quer à sociologia.

Sobre este assunto, Kuhn (2001) menciona

para descobrir como as revoluções são produzidas, teremos, portanto, que examinar não apenas o impacto da natureza e da Lógica, mas igualmente as técnicas de argumentação persuasiva que são eficazes no interior dos grupos muito especiais que constituem a comunidade dos cientistas. (p. 128)

Assim, para o epistemólogo, os “cientistas abraçam um paradigma por toda uma sorte de razões que, em geral, se encontram inteiramente fora da esfera da ciência” (Ostermann,

1996, p. 30). Em algumas situações, “considerações estéticas pessoais e inarticuladas fazem alguns cientistas converterem-se ao novo paradigma” (idem).

Kuhn (2001) compara as revoluções científicas às revoluções políticas. Ambas se “iniciam com um sentimento crescente (...) de que as instituições existentes deixam de responder adequadamente aos problemas postos por um meio que ajudaram em parte a criar” (p. 126).

O período de “ciência extraordinária” (ou de revolução científica) manter-se-á até ao estabelecimento de um novo paradigma, que dará início a um novo período de desenvolvimento “normal” da ciência, e assim sucessivamente.

Em síntese, o desenvolvimento da ciência, segundo Kuhn pode ser apresentado como aparece no esquema da figura 5.

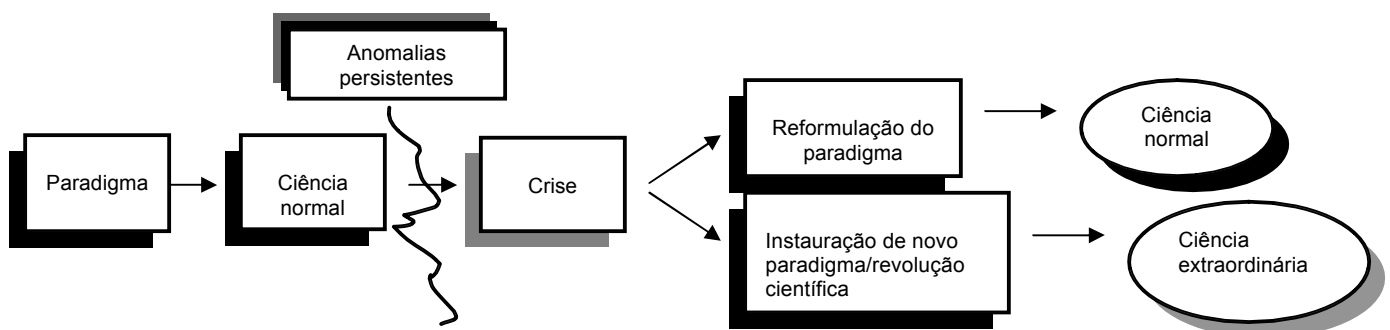


Figura 5 – Modelo Kuhniano.

Criticando Popper, Kuhn rejeita o seu método da falsificação por meio de comparação directa com a natureza, considerando-o um estereótipo que não serve para a descoberta de teorias científicas. Com efeito, isto não significa que Kuhn não aceite a experiência como sendo importante no processo de rejeição das teorias; ela é importante, porém, o ponto central da sua reprovação tem a ver com o facto de que o que induz os cientistas é sempre baseado em algo mais do que a mera comparação da teoria com o mundo, em que o conhecimento se afere pela sujeição das hipóteses ao método das tentativas e dos erros. Por outro lado, afirma Kuhn (2001):

decidir rejeitar um paradigma é sempre decidir simultaneamente aceitar outro, e o juízo que conduz a essa decisão envolve a comparação de ambos os paradigmas com a natureza, bem como a sua comparação mútua. (...) Os cientistas não rejeitam paradigmas simplesmente porque se defrontam com anomalias ou contra-exemplos. (p. 107)

Popper, por sua vez, critica Kuhn, nomeadamente em alguns aspectos da sua teoria. Um deles refere-se à ideia de ciência normal, que Popper considera que existe, mas apenas representa a actividade de um cientista educado no sentido do dogmatismo e da aceitação passiva das doutrinas, não possuindo esse cientista espírito crítico, que para Popper é essencial na investigação científica. Outro aspecto tem a ver com a incomensurabilidade dos paradigmas, que Popper vê como uma posição irracionalista, não tendo acolhimento na sua perspectiva racionalista e crítica. Por último, quanto ao esquema proposto por Kuhn para explicar o desenvolvimento da actividade científica, Popper refere que ele pode ser válido no campo da astronomia, porém, no caso da evolução da biologia, por exemplo a partir de Darwin, este não se aplica.

A problemática do desenvolvimento da ciência – continuidade ou ruptura – foi um dos temas centrais dos epistemólogos do século XX, que deram especial importância ao campo da história da ciência. Kuhn surge como um dos defensores da tese descontinuista.

Segundo Valadares (1995)

a epistemologia de Thomas Kuhn adquiriu um relevo enorme por se alicerçar na história da evolução das ideias científicas, e por ter dessa história uma visão descontinuista, em que o conhecimento não vai progredindo contínua e harmoniosamente, mas pelo contrário, através de revoluções epistemológicas. (p. 218)

Ostermann (1996, p. 32) menciona algumas ideias epistemológicas de Kuhn que se revelam importantes no ensino das ciências. Entre elas:

- a problematização do conhecimento e o consequente questionamento da visão da ciência (o “método científico”);
- a procura do paralelismo entre a ontogénese das ideias científicas e a psicogénese das ideias acerca dos fenómenos físicos;
- a utilização da sua teoria nas estratégias de produção individual do conhecimento.

#### 1.4.4 A epistemologia de Bachelard

Um dos pontos de extensa produção filosófica de Gaston Bachelard (1884-1962) foi a noção de ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento comum. Esta posição é contrária à de Popper, que considera o conhecimento científico como sendo um prolongamento do conhecimento comum; é, como ele dizia o “senso comum esclarecido”.

Bachelard (2001) considera a ciência, na sua necessidade de aperfeiçoamento, como oposta à opinião que, baseada no senso comum, constitui uma barreira à construção do conhecimento científico.

O conhecimento comum é vago, essencialmente de cariz prático e utilitário, dirigindo-se mais ao saber que ao compreender. Por seu lado, o conhecimento científico direcciona-se mais ao compreender, a satisfazer a curiosidade científica, construindo-se com base na problematização de situações e na procura de resposta para os problemas.

Sobre estes dois tipos de conhecimento, eis as próprias palavras do pensador:

a ciência, na sua necessidade de aperfeiçoamento como no seu princípio, opõe-se radicalmente à opinião. (...) A opinião pensa mal; ela não pensa: traduz necessidades em conhecimentos. Nada se pode fundar a partir da opinião; é necessário, antes de mais, destruí-la. Ela constitui o primeiro obstáculo a ultrapassar. Não bastaria, por exemplo, rectificá-la nalguns pontos específicos, mantendo, como uma espécie de moral provisória, um conhecimento vulgar provisório. O espírito científico proíbe-nos de ter uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular claramente. É preciso, antes de tudo, saber formular problemas. E, diga-se o que se disser, na vida científica os problemas não se formulam a si próprios. É precisamente o sentido do problema que dá a marca do verdadeiro espírito científico. Para um espírito científico, todo o conhecimento é uma resposta a uma questão. Se não houver questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é natural. Nada é dado. Tudo é construído. (2001, p. 166)

Para Bachelard, o conhecimento científico é construído em luta contra vários obstáculos epistemológicos, ocorrendo a respectiva ruptura epistemológica. Ele considera que o desenvolvimento histórico do conhecimento científico é semelhante ao desenvolvimento do conhecimento descrito pelo ser humano. Ambos são construídos e estão sujeitos a barreiras, a obstáculos epistemológicos, que dificultam o seu avanço. O autor fala nestes obstáculos, com o significado que transparece na seguinte citação:

quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, em breve se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e fugacidade dos fenómenos, nem tão-pouco de incriminar a fraqueza dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio acto de conhecer, intimamente, que aparecem, por uma espécie de necessidade funcional, lentidões e perturbações. É aí que mostraremos causas de estagnação e mesmo de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (1999, p. 17)

Os obstáculos epistemológicos são barreiras inerentes ao próprio acto de conhecer. São de natureza interna, residindo, fundamentalmente, no sujeito cognoscente, e não no objecto do conhecimento. É um conhecimento mais subjectivo que objectivo.

Os obstáculos têm-se mostrado altamente persistentes, quer na história quer no percurso científico de cada ser humano. Resistem ao conhecimento científico, afectando-o. A causa dessa resistência reside na existência de um instinto conservativo, que acaba por prevalecer sobre o instinto formativo, cessando o crescimento intelectual. Isto, porque “chega o momento em que o espírito prefere o que confirma o seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que de perguntas” (Bachelard, 1999, p. 19).

O conhecimento científico, como construção individual e social, passa a ser considerado como uma luta entre instintos: um inovador contra um conservador.

Na categoria de obstáculos epistemológicos, Bachelard inclui todos os elementos bloqueadores e desvirtuadores da produção do conhecimento científico. Alguns destes elementos apontados por Bachelard (1999, 2001) são: a experiência inicial, o conhecimento geral, as convicções substancialistas, a palavra verbal.

Relativamente, ao primeiro obstáculo epistemológico, e talvez, o mais importante - experiência inicial -, o pensador (1999) afirma:

o primeiro obstáculo é a experiência primeira, é a experiência situada antes e acima da crítica, crítica esta que é, necessariamente, um elemento integrante do espírito científico. Dado que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência inicial não pode, em caso algum, constituir um apoio seguro (...) mostrar a nossa nítida oposição a essa filosofia fácil que se baseia num sensualismo mais ou menos sincero, mais ou menos romanceado, e que afirma receber directamente as suas lições do dado claro, nítido, seguro, constante, sempre ao alcance do espírito totalmente aberto. (p. 29)

Assim, o que Bachelard defende é que o espírito científico tem de se formar contra a Natureza, contra aquilo que é o impulso e a informação da Natureza, contra o entusiasmo natural. Como diz o pensador, “o espírito científico tem de se formar deformando-se” (1999, p. 170).

Para atingirmos a objectividade científica, teremos de ter uma vigilância desconfiada sobre o objecto a analisar. Com efeito, após o contacto com o objecto, recusamos a “sedução da primeira escolha” relativamente aos pensamentos que nascem da primeira observação.

Como afirma o pensador:

toda a objectividade, devidamente verificada, desmente o primeiro contacto com o objecto. Tem de começar por criticar tudo: a sensação, o senso comum, até a prática mais constante e a própria etimologia, pois o verbo, que é feito para cantar e seduzir, raramente vai ao encontro do pensamento. Em vez de se deslumbrar, o pensamento objectivo deve ironizar. Sem esta vigilância desconfiada, nunca alcançaremos uma atitude verdadeiramente objectiva. (Psychanalyse, cap. I, pp 9-10, in Bachelard, 2001, p. 129)

Outro obstáculo epistemológico, que Bachelard considera ser o que mais prejudicou o progresso do conhecimento científico, é o conhecimento geral. Este traduz-se na tendência para analisar os fenómenos na sua totalidade e complexidade. Isto conduz, “quase fatalmente, a conhecimento vago” (Bachelard, 1999, p. 90). As respostas às questões colocadas são sempre seguras, fixas, constituindo generalizações superficiais, que não têm em conta o limite da sua validade nem tão-pouco o âmbito da sua aplicação.

Bachelard (1999, 2001) diz que a falsa doutrina do geral instaurou-se de Aristóteles a Bacon, estando ainda presente em muitos de nós como fazendo parte de uma doutrina essencial do saber. De facto, existe o perigo de uma rápida satisfação intelectual, de uma generalização apressada e fácil, em detrimento de um conhecimento verdadeiro. Deste modo, Bachelard defende que, numa análise do conhecimento objectivo, deve-se examinar cuidadosamente todas as teorias da facilidade. Só deste modo se conseguirá chegar a uma teoria da abstracção científica verdadeiramente sã, e também verdadeiramente dinâmica (Bachelard, 1999).

Outro exemplo de obstáculo epistemológico é o substancialista assente na ideia de substância e “convicções substancialistas”, nomeadamente qualidades superficiais e profundas, manifestas e ocultas. Este obstáculo é constituído por intuições muito dispersas e até mesmo opostas. Para o caracterizar, Bachelard explicita:

o fascínio da ideia de substância, será preciso procurar-lhe o princípio até no inconsciente, no qual se formam as preferências indestrutíveis. A ideia de substância é uma ideia tão clara, tão simples, tão pouco discutida que deve apoiar-se numa experiência muito mais íntima que qualquer outra. (Bachelard, 1999, p. 163)

Outro exemplo bachelardiano de obstáculo epistemológico é o verbal, definido como “a falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa, nessa estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento ao analisar um conceito, em vez de inserir um conceito particular numa síntese racional” (idem, p. 27).

Por vezes, determinada palavra, ao ser utilizada como conceito auxiliar, e está profundamente impregnada de imagens familiares que dificultam a compreensão do fenómeno. Bachelard adverte para a utilização de imagens, metáforas e analogias que, sendo importantes auxiliares na compreensão de leis, exigem cautela na sua utilização. Por vezes, na formação do espírito científico, as analogias e as metáforas não são meras imagens passageiras, elas persistem mesmo quando se querem apagar: “o acúmulo de imagens prejudica evidentemente a razão, no qual o lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstracta e nítida dos problemas reais” (Bachelard, 1999, p. 93). Assim, a razão deve estar alerta para as destruturar sempre que o processo de construção do conhecimento o exija.

Na perspectiva do filósofo francês, as imagens e analogias tentam manter a continuidade entre o mundo conhecido e o desconhecido, entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, impedindo a abstracção e chegando a mascarar a ruptura que ele propõe.

Admitindo a ruptura epistemológica, o pensador assume uma posição claramente descontinuista. No texto seguinte temos um exemplo desta posição:



sempre nos pareceu cada vez mais evidente, ao longo dos nossos estudos, que o espírito científico contemporâneo não poderia situar-se na continuidade com o bom senso, que este novo espírito científico representava um jogo mais arriscado, que formulava teses, que antes de mais, podem ferir o senso comum. Com efeito, julgamos que o progresso científico manifesta sempre uma ruptura, perpétuas rupturas, entre conhecimento comum e o conhecimento científico, contanto que se aborde uma ciência evoluída, uma ciência que, exactamente por estas rupturas, leva a marca da modernidade. (...) Por vezes, o epistemólogo continuísta engana-se quando julga a ciência contemporânea por uma espécie de continuidade de imagens e de palavras. Uma constante transposição da linguagem rompe então a continuidade do pensamento comum e do pensamento científico. (Bachelard, 1990, pp. 241-242)

Bachelard (2001) acusa os continuístas de se deterem “na zona de elementaridade da ciência” (p. 193). Por outro lado, como o começo dos progressos científicos é muito lento, há a ideia de um desenvolvimento contínuo e harmónico “e como a ciência sai lentamente do corpo dos conhecimentos comuns, crê-se ter a certeza definitiva da continuidade do saber e do saber científico” (2001, p. 193).

Um outro aspecto valorizado por Bachelard (1996) diz respeito ao papel desempenhado pelos “erros”. Ele considera que o motor da revolução científica é a rectificação de conhecimentos anteriores. Não existem verdades intocáveis, não estando nunca a ciência isenta de dúvidas. Esta ideia “constitui um traço essencial e não provisório da estrutura do espírito científico” (p. 105).

O erro pode ser o motor do conhecimento, nomeadamente o motor de activação do próprio pensamento que se constrói pela rectificação dos erros. Os erros estão ligados a uma estrutura do sistema, implicando a sua correcção a reconstrução dessa estrutura na sua totalidade.

Ao contrário de Descartes, que acreditava numa ciência feita de certezas, Bachelard, como outros epistemólogos, nomeadamente Popper, Lakatos e Kuhn, acredita que a ciência é um conhecimento aproximado, não rigoroso, nem absoluto, “até a mais modesta sabedoria se põe atenta contra as certezas rígidas” (Dagognet, 1965, p. 25).

A ciência é uma tentativa de aproximação ao sentido profundo da natureza. O método científico é um método que, segundo o filósofo francês, busca o risco: “o espírito científico vive na estranha esperança de que o próprio método venha a fracassar totalmente. Porque um fracasso é o facto novo, a ideia nova” (Bachelard, 2001, p. 36).

O erro na ciência, a partir de Bachelard, adquiriu uma importância diferente, deixando de ser considerado como factor negativo no processo do conhecimento, e passando a constituir uma fonte de progresso do conhecimento em geral e no científico.

De acordo com Valadares (1995), Bachelard contrapõe ao empirismo moderno um racionalismo construtivista que evidencia “o poder dos conceitos e das teorias na construção do conhecimento, como fontes de permanentes verificações e reconstruções” (p. 94).

O empirismo, segundo Bachelard (1990), “é a filosofia que convém ao conhecimento comum. O empirismo encontra aí as suas raízes, as suas provas, o seu desenvolvimento” (p. 260). Pelo contrário, o conhecimento científico está ligado ao racionalismo. Este “conhece uma actividade dialéctica que impõe uma extensão constante dos métodos” (Bachelard, 1990, p. 260). O conhecimento científico está focalizado num mundo abstracto, estruturado no que Bachelard designa por fenomenotécnica: “um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização” (Bachelard, 1999, p. 77).

Perante o mesmo facto, o registo do conhecimento vulgar e do conhecimento científico não tem o mesmo valor epistemológico. Porém, como diz Bachelard (1990)

de um facto verdadeiro, a química teórica faz um conhecimento verídico. (...) este binómio do verdadeiro e do verídico encerra a acção polar do conhecimento. Este binómio permite reunir os dois grandes valores epistemológicos que explicam a fecundidade da ciência contemporânea. A ciência contemporânea é feita da investigação dos factos verdadeiros e da síntese das leis verídicas. As leis verídicas da ciência têm uma fecundidade de verdades, prolongam as verdades de facto com verdade de direito. (p. 260)

Para o desenvolvimento do conhecimento científico contribui não apenas a experiência, mas também a razão. Empirismo e racionalismo ligam-se de forma dialéctica. A razão precisa da experiência sensível e o empirismo precisa das leis da razão. O real científico é um real construído pela razão, mas baseado em dados recebidos da experiência.

Esta união do empirismo com o racionalismo é descrita pelas próprias palavras do pensador francês, na sua obra a Filosofia do Não:

o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço tão forte como o que une o prazer à dor. (...) Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas, não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata, não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência. A ciência, soma de provas e de experiências, soma de regras e de leis, soma de evidências e de factos, tem pois necessidade de uma filosofia com dois pólos. Mais exactamente, ela tem necessidade de um desenvolvimento dialéctico, porque cada noção se esclarece de uma forma complementar, segundo dois pontos de vista filosóficos diferentes. (...) Pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática, entre matemática e experiência. Conhecer cientificamente uma lei natural, é conhecê-la simultaneamente como fenómeno e como númeno. (pp. 9-10)

Ou ainda, numa outra obra (1996):

nem um nem outro isoladamente basta para constituir a prova científica; no reino das ciências físicas não há lugar para uma intuição do fenómeno que designaria de uma só vez os fundamentos do real; também não há lugar para uma convicção racional – absoluta e definitiva – que imporia categorias fundamentais aos nossos métodos de pesquisas experimentais. (...) É, pois, bem na encruzilhada dos caminhos que deve colocar-se o epistemólogo (...). É aí que ele pode captar o novo dinamismo destas filosofias contrárias, o duplo movimento pelo qual a ciência simplifica o real e complica a razão. (p. 14)

Bachelard quase não distingue teoria e experimentação, uma vez que esta se encontra impregnada de teoria. O conhecimento científico exige experimentação, constituindo esta uma forma de submeter a um veredicto as ideias racionalmente estabelecidas.

Em resumo, como afirma Bachelard (2001), “nem racionalidade vazia, nem empirismo desconexo, (...) se um dos termos faltar, por melhor que se façam experiências, por melhor que se façam matemáticas, não se participará na actividade científica da ciência física contemporânea” (p. 121). Consequentemente, para julgar o pensamento científico, não nos devemos apoiar num racionalismo fechado, formal, abstracto, universal, mas, como o pensador diz, num racionalismo concreto, aberto, solidário de experiências particulares e precisas.

Racionalismo aberto porque, como diz Dagognet (1965) a propósito do pensamento de Bachelard:

na verdade, nada permanece, no sentido em que os conceitos devem ser rectificados e deformados, os fundamentos certificados de novo, as próprias experiências ou as aplicações renovadas. Não é preciso separar esta razão e esta experiência que se refazem, nem fechar a ciência activa num momento ou num estado das suas operações. (p. 25)

Bachelard procura ainda reconciliar o pensamento filosófico com o pensamento científico. Com efeito, considera que a filosofia devia seguir o caminho da ciência, não devendo afastar-se do conhecimento constitutivo do mundo, que se encontra em permanente devir, libertando-se de falsas convicções que eventualmente tenha ou de problemas considerados vagos, infrutíferos. Bachelard quis ser ele mesmo a testemunha deste trabalho reformador e, ao mesmo tempo, criador (Dagognet, 1965).

A partir, principalmente, do trabalho de Kuhn, Lakatos, Bachelard, Popper, no campo da epistemologia contemporânea e Piaget, no campo da psicologia, começou-se a encarar o conhecimento científico como feito histórico e construído pelo ser humano e como processo em que ocorrem descontinuidades, fases e rupturas.

#### 1.4.5 Diversas formas de encarar o construtivismo

O construtivismo como movimento heterogéneo apresenta diversas variantes teóricas, entre elas: a radical, a social, o trivial e o humano (Geelan, 1997; Dougiamas, 1998). Seja qual for a variante epistemológica do construtivismo defendida, todas elas assentam no princípio fundamental de que “o conhecimento não é recebido passivamente nem pelos sentidos nem por meio da comunicação: o conhecimento é construído activamente pelo sujeito cognitivo” (Glaserfeld, 1996, p. 97).

No construtivismo radical o sujeito é o único responsável pelo seu conhecimento, pelas suas acções. “O conhecimento é uma forma mais elevada de adaptação (...) a cognição é um instrumento de adaptação, cujo propósito é a construção de estruturas conceptuais viáveis”

(Glaserfeld, 1996, p. 108), que nos ajudam a enfrentar o nosso mundo experiencial. O objectivo do construtivismo radical é “mostrar que pode construir-se uma realidade experiencial relativamente estável sem pressupor um mundo independente em si” (Glaserfeld, 1996, p. 153). Deste modo, o autor estabelece que o conhecimento não é o resultado de uma recolha passiva, mas constitui, ao contrário, o produto da participação activa de um sujeito.

O construtivismo, para Glaserfeld, começa necessariamente com a hipótese de que toda a actividade cognitiva se efectua no mundo empírico numa consciência dirigida a um objectivo que se pretende alcançar. Glaserfeld (1996) diz explicitamente que “os factos empíricos são construções baseadas em regularidades na experiência de um sujeito. Eles são viáveis se mantiverem a sua utilidade e servirem os seus propósitos na prossecução de objectivos” (p. 215).

O conhecimento torna-se, então, em algo que o sujeito constrói com o objectivo de criar uma ordem no fluxo da experiência, ao estabelecer experiências renováveis, assim como relações relativamente viáveis e úteis entre elas, constituindo, assim, um modelo possível de conhecimento. Esse conhecimento não é considerado verdadeiro, apenas tem de ser viável adaptando-se à realidade experiencial do sujeito (Glaserfeld, 1995, 1996).

Glaserfeld (1995) não nega a existência de uma realidade absoluta, somente não a conseguimos conhecer. No dizer do autor, “apenas podemos definir o significado de algo que existe somente dentro do nosso mundo experiencial e não no mundo ontológico” (p. 7).

As ideias do pensador são alicerçadas numa visão instrumentalista do conhecimento. Aliás, como o próprio reconhece:

*o construtivismo radical é abertamente instrumentalista. Ele substitui a noção de «verdade» (como representação verdadeira de uma realidade independente) pela noção de «viabilidade», dentro do mundo experiencial dos sujeitos (...) seria pouco sensato perguntar se o construtivismo radical é verdadeiro ou falso, já que não tem a pretensão de ser uma conjectura metafísica, mas sim um instrumento conceptual cujo valor apenas pode ser aferido utilizando-o. (pp. 52- 53)*

Esta visão instrumentalista é considerada por Hessen (1987, pp. 50-53) e Valadares (1999, p. 510) como um indício de cepticismo sobre o conhecimento científico que rejeita a correspondência entre esse conhecimento e os objectos do mundo empírico.

A metáfora da mente aplicada ao construtivismo radical será a do organismo em evolução associada à do mundo, que não é mais do que o mundo das experiências do sujeito (Ernest, 1995, p. 482).

O construtivismo radical torna-se assumidamente empirista, na medida que admite a experiência como a origem e forma de validade do nosso conhecimento (Valadares, 2006b). Além disso, ao fazer apelo a uma ideia de conhecimento construído pelo sujeito cognoscente, este empirismo é assumidamente idealista e subjectivo, baseado na viabilidade em termos de relação sujeito/mundo (idem).

Os construtivistas radicais rejeitam a ideia de que

há um único meio verdadeiro de ver o mundo e de que há um limite para a evolução dos modelos explicativos que a ciência vai construindo, considerando impossível comparar com toda a objectividade as nossas representações do mundo exterior com este e garantir que essas representações se aproximam da realidade do mundo exterior (Valadares, 1995, p. 150).

Fontes do construtivismo radical são a filosofia idealista de Berkeley, as ideias de um filósofo napolitano do séc. XVII, Giambattista Vico, e ainda o pensamento de Kant (Glaserfeld, 1996). Berkeley defendia que toda a realidade está encerrada na consciência do indivíduo que a conhece, enquanto que Vico considera que não podemos conhecer nada para além do que as próprias estruturas cognitivas conseguem reunir. Quanto à influência de Kant, Valadares (2006b) afirma que Glaserfeld interpreta indevidamente as ideias deste filósofo e que as ideias do construtivismo radical são anti-realistas e desvinculadas do carácter representacional do conhecimento, enquanto que as ideias de Kant são consideradas superadoras das antíteses idealismo e realismo.

Também Suchting (1998) afirma que Glaserfeld interpreta incorrectamente o pensamento de Kant, uma vez que para o filósofo a experiência é inerentemente intersubjectiva e relacionada com os objectos.

Castañon (2005), tal como outros autores, consideram que o construtivismo radical é anticientífico, anti-racionalista, idealista, solipsista, relativista e subjectivista (p. 7). Este tipo de construtivismo foi sujeito a diversas críticas, entre elas contam-se também a dos investigadores Osborne (1996), Suchting (1998), Valadares (2006b) e Aguiar (s/d).

Aguiar (s/d) e Osborne (1996) consideram que o construtivismo radical é relativista. A falha de não reconhecer que devem existir verificações práticas de que uma construção é melhor do que outra “conduz necessariamente a uma ontologia relativista onde a viabilidade é igualada à validade, de tal modo que qualquer teoria viável é considerada valiosa para ser tida em conta” (Osborne, 1996, p. 59).

No construtivismo radical o conhecimento científico diferencia-se de outras formas de conhecimento não pelos seus métodos, mas pela linguagem, pela sua forma (Aguiar, s/d).

Osborne (1996) afirma que este tipo de construtivismo falha ao:

- não considerar adequadamente como se acede ao estatuto de teoria;
- não elaborar qualquer mecanismo pelo qual possamos estabelecer que uma teoria é melhor que outra (p. 58);
- adoptar uma posição instrumentalista onde as teorias são apresentadas como desenvolvimentos convenientes para descrever fenómenos.

Suchting (1998) considera que Glasersfeld ignora o significado de expressões como “descrever o mundo”, “representar o mundo” (p. 61). Não discrimina conceitos como certeza, imutabilidade e objectividade (p. 64). Além disso, o construtivismo radical segue uma forma tradicional de empirismo falando do objecto de conhecimento como sendo a “experiência” (p. 68). O termo experiência nunca é definido tecnicamente.

Suchting (1998) afirma que o construtivismo radical não respeita a história da ciência, nem o papel da experimentação e da razão na produção do conhecimento. Critica a ideia de que cada sujeito vive fechado no seu mundo experiencial pelo facto de utilizar a linguagem para construir o significado das palavras (pp. 77-78).

A actividade construtivista do sujeito é vista por alguns autores, nomeadamente por Glasersfeld (1996), como resultado sobretudo de um produto da complexa interacção social

na construção do conhecimento. É assim colocada a sua ênfase em factores sociais e culturais na produção do conhecimento, sendo esta posição útil na educação CTS.

O construtivismo radical tem vindo a evoluir, valorizando a dimensão social do conhecimento, aspecto que aproxima esta posição do construtivismo social (Confrey, 1995; Ernest, 1995).

Os construtivistas radicais e sociais defendem que as pessoas não conseguem perceber directamente a realidade objectiva, mas constroem a sua visão do mundo a partir do conhecimento que já possuem.

Os construtivistas radicais consideram que as pessoas desenvolvem uma visão individual do mundo, enquanto que os construtivistas sociais consideram que as pessoas apenas alcançam o conhecimento lidando com os outros, através da linguagem. Para estes não existe realidade além da linguagem construída pelo sujeito através das interacções sociais que estabelece.

Shotter (1995) e Staver (1998) baseiam a distinção entre os construtivistas sociais e construtivistas radicais na entidade que constrói e na estrutura construída. A ideia fulcral do primeiro é a de que as comunidades constroem conhecimento colectivo mais complexo a partir de conhecimento menos complexo através das interacções linguísticas, enquanto que a ideia central do segundo é a de que o sujeito constrói estruturas cognitivas mais complexas a partir de estruturas cognitivas mais simples (Staver, 1998, p. 509).

Além disso, Staver menciona que tal como o propósito da cognição no construtivismo radical de Glasersfeld não é a descoberta de uma realidade ontológica objectiva, também o objectivo da linguagem não é a reflexão do mundo externo segundo uma perspectiva ontológica.

O construtivismo social apoia-se nas teorias linguísticas de autores como os filósofos Wittgenstein e Rorty e dos filósofos da ciência Kuhn e Feyerabend, assim como nas teorias sociológicas da ciência do núcleo do chamado “Programa Forte da Escola de Edimburgo”, desenvolvido por sociólogos como Bloor, Barnes e Latour (Castañon, 2005).



Para Gergen (1995) o construtivismo social surgiu como alternativa às visões tradicionais do conhecimento, que pode ser considerado endógeno e exógeno. O primeiro caracteriza-se pelo destaque atribuído às estruturas internas do sujeito enquanto que o segundo destaca a observação na aquisição do conhecimento. Assim, o construtivismo social não tem como preocupação fundamental o mundo externo (como no caso do exógeno) nem a mente individual (como no caso do endógeno), mas sim a linguagem (Gergen, 1995, p. 23). A linguagem constitui o principal ingrediente do nosso mundo (Gergen, 1999, p. 48). O saber produz-se nos diálogos, no discurso que ocorre na sociedade. O conhecimento seria algo como uma produção semântica.

O construtivismo social adota uma postura relativista, uma vez que considera que o que se constrói social e discursivamente é a verdade apenas, enquanto esse discurso social permanece. Assim que esse discurso, que é partilhado, muda, cai a viabilidade do conhecimento (Gergen, 1999).

Gergen (1995, pp. 24-26) apresenta os três princípios do construtivismo social:

1. a interdependência social é o processo através do qual conseguimos atingir o significado da linguagem;
2. o significado da linguagem é dependente do contexto da interdependência social;
3. a função servida pela linguagem é principalmente comunal e é suprema na continuação das relações entre indivíduos e comunidades.

Segundo Osborne (1996, p. 60), a ciência surge como um produto fundamentalmente proveniente da cultura, de um conjunto de significados e conceitos que evoluem a partir de significados socialmente negociados. A concepção de ciência, interpretada segundo esta perspectiva, torna-se, no dizer do autor, perigosa, devido a dois motivos: um deles é o facto de não existir critérios organizados de uma maneira racional e consistente que se possam aplicar para avaliar ideias - a persuasão e a força do argumento são os critérios principais pelos quais as teorias são julgadas; o outro motivo é falta de reconhecimento de que o conhecimento científico é diferente de qualquer outro.

Segundo o investigador, as “coisas” da ciência não são entidades que povoam o mundo, mas, sim, invenções de um discurso científico imposto aos fenómenos. Assim, não é a natureza que limita a imaginação científica, mas as capacidades humanas e as suas influências culturais.

O construtivista social retrata o mundo como sendo constituído por entidades simbólicas, como, por exemplo, átomos, electrões, campos, genes, cromossomas. Estas, por sua vez, são organizadas em teorias, mas, essencialmente, não reflectem a verdade da ciência.

A metáfora da mente aplicada ao construtivismo social será a das pessoas em conversação associada à do mundo construído socialmente (Ernest, 1995, p. 482).

Bickhard (1998, pp. 104-105) critica o construtivismo social, afirmando que este se alicerça num idealismo linguístico, levado ao exagero. A sua falha incide não no aspecto de as representações serem construídas, mas no facto de serem criações linguísticas livres. Ora, a ciência tem uma linguagem que não é considerada livre. Além disso, esta forma de construtivismo conduz ao niilismo, bem como ao relativismo.

Tanto o construtivismo radical como o social têm sido objecto de discussão entre diversos autores, que os defendem ou os criticam. Para além das críticas apresentadas anteriormente e sem a pretensão de esgotarmos essa discussão, apresentamos ainda mais alguns exemplos que consideramos pertinentes.

Matthews (1994b), Phillips (1995) e Osborne (1996) apontam alguns aspectos que consideram menos positivos no construtivismo. Assim, este:

- tende para o relativismo, devido à existência de muitas formas epistemológicas (Matthews, 1994b; Phillips, 1995);
- é instrumental, onde as teorias são usadas segundo as conveniências (Osborne, 1996);
- não está longe de uma visão empírica tradicional (Matthews, 1994b);
- não dá a visão da prática da ciência com precisão (Osborne, 1996).

Para Matthews (1994b), o erro fatal do construtivismo é o de conservar o paradigma epistemológico instrumentalista (p. 81) caracterizado pela concepção dos construtivistas de que

apenas somos conscientes das impressões os nossos sentidos, que não podemos ter acesso ao mundo tal como ele é, que o conhecimento é a correspondência da imagem mental ou das ideias com a realidade e que é o sujeito individual o cenário das pretensões do conhecimento. (Matthews, 1994a, p. 268)

Segundo este autor, esta correspondência deve ser abandonada como critério do conhecimento, senão “nenhum ramo da ciência moderna pode ser aceite como conhecimento” (idem). Caso esta ideia se concretize, desaparece o argumento do construtivismo acerca do relativismo (idem).

Para Matthews (1994b) a aceitação pelo construtivismo dos fundamentos da problemática epistemológica instrumentalista encontra-se patente, por exemplo, em Glasersfeld, quando este fala em observar os objectos através de uma lente distorcedora, e (estar de acordo) com o que vê. O facto dos “sujeitos estarem vendo através de uma lente de modo claro ou distorcido, a metáfora de observar através de uma lente assinala o compromisso com uma teoria empirista do conhecimento” (idem, p. 83).

Além disso, a ideia de que a mente é activa na aquisição do conhecimento levaria à conclusão epistemológica encontrada nos escritos construtivistas de que não podemos conhecer a realidade (idem).

Matthews (1994b) defende uma “epistemologia objectivista” em lugar de um empirismo ou de um relativismo que conduziria à impossibilidade do conhecimento. Segundo este autor:

a epistemologia objectivista distingue entre a matéria prima e os factos do mundo (os objectos reais da ciência), as estruturas teóricas e os conceitos da ciência, o material e os factos como são descritos pela teoria (os objectos teóricos da ciência) e os procedimentos experimentais e técnicos da ciência. (pp. 85-86)

Osborne (1996) considera que o peso excessivo atribuído à ideia de “construção dos conceitos”, o fracasso de analisar como uma ideia pode ser mais “viável” do que outra, assim como a falha em elaborar uma metodologia capaz de julgar teorias diferentes, acabaram por conduzir o construtivismo a uma “negação da objectividade e racionalidade da ciência” (p.

54). Para o investigador sobrevalorizou-se o mundo pessoal e social em detrimento do mundo natural. Desvalorizou-se a ciência como forma de conhecimento e prestou-se pouca atenção aos critérios que esta utiliza para elevar os resultados à categoria de conhecimentos científicos.

Osborne (1996) defende ao invés de uma epistemologia construtivista uma epistemologia realista, ainda que moderada. Esta seria a mais adequada, nomeadamente daria uma visão mais correcta da ciência e apresentaria implicações pedagógicas diferentes das do construtivismo.

Staver (1998), num artigo que escreveu sobre o construtivismo, considera este como uma teoria correcta para a explicação da prática da Ciência e das Ciências da Educação. Rebatendo as críticas de Matthews (1994b) e Osborne (1996), sobre o construtivismo ser uma epistemologia relativista e alguns construtivistas radicais serem idealistas, Staver (1998) menciona que se torna necessário analisar a natureza e o carácter do construtivismo. Assim, este investigador explicita que “o construtivismo não é uma teoria do ser, mas uma teoria do saber” (p. 515). Deste modo, “o construtivismo mantém-se silencioso em relação à ontologia, quer seja relativista, idealista, ou o que quer que seja” (idem). Como seres humanos estamos limitados pelo nosso conhecimento, através de uma única interface, a experiência, bem como pela falta de uma interface independente de experiência com que conferir o nosso conhecimento. Além disso, um segundo constrangimento dos humanos, como organismos conscientes, é que constroem conhecimento consoante os seus propósitos instrumentais.

Numa perspectiva construtivista o conhecimento é claramente instrumental, “nós criamos e usamos aquilo que sabemos ter sucesso e descartamos aquilo que sabemos que irá falhar” (idem, p. 515).

Glaserfeld (1996) estabeleceu a distinção entre construtivistas radicais e construtivistas triviais. Ambos, como construtivistas, acreditam que a ciência vai construindo representações de uma realidade exterior. Porém, enquanto os primeiros defendem a impossibilidade da ciência construir representações verdadeiras acerca da

realidade exterior, os segundos defendem que as mesmas se vão aproximando tanto mais de uma descrição verdadeira dessa realidade quanto mais o conhecimento científico progride acerca da mesma. A verdade absoluta não é o objectivo do pensado construtivista. Nesta investigação posicionar-nos-emos no construtivismo trivial e no construtivismo humano.

Entre os muitos autores que defendem o construtivismo trivial encontramos Valadares (2001, 2003b, 2006b) e Castañón (2005).

Dougiamas (1998) considera Piaget como um precursor, não do construtivismo radical, mas sim do construtivismo trivial.

O construtivismo humano defendido por diversos autores, entre eles Novak (1988, 1990, 2000), Gowin (1981), Novak e Gowin (1999), Valadares (2001, 2003b, 2006b), Mintzes e Wandersee (2000) e Valadares e Graça (1998), considera que o “conhecimento não é uma transcrição simples dos objectos e acontecimentos do mundo real, que podem ser fielmente transmitidos quer por observação directa da própria Natureza quer de uma pessoa para outra” (Mintzes e Wandersee, 2000, p. 62). Em vez disso, o conhecimento é uma estrutura idiossincrática, em que os conceitos estão hierarquicamente relacionados uns com os outros. É “a estrutura dos nossos referenciais conceptuais que determina, em larga escala, o nosso sucesso ao usar o conhecimento existente e a natureza e qualidade das experiências subsequentes de aprendizagem” (idem, p. 62).

O construtivismo humano apresenta como princípio fundamental que o conhecimento físico-matemático e/ou conhecimento natural resulta de construções humanas derivadas de interacções entre sujeitos e entre sujeitos e objectos (Valadares, 2006b). O sujeito vai, ao longo do tempo, construindo e reestruturando de modo progressivo, através de um processo dialéctico, as representações mentais que possui acerca do mundo que o circunda. Esta construção ocorre através de uma actividade constante de relação-confrontação da informação recolhida da experiência (de manuseamento dos objectos) e da linguagem (inerente à sua interacção social) com as ideias prévias adquiridas pela mente.

Além disso, este tipo de construtivismo não sustenta a ideia kantiana das condições transcendentais a priori, nem as ideias inatas acerca do mundo (Valadares, 1995, 1999; Valadares e Graça, 1998).

Novak (2000) considera a expressão construtivismo humano como um rótulo apropriado,

quer para a forma como o ser humano apreende os seus conhecimentos utilizáveis, quer para a forma como constrói novos conhecimentos. A natureza e o processo da aprendizagem significativa estão subjacentes quer à aprendizagem humana, quer à criação humana de conhecimentos. (p. 79)

Pelo que este tipo de construtivismo é considerado um fenómeno, quer psicológico, quer epistemológico (Novak, 2000). Esta corrente enfatiza a ideia de que tanto a psicologia como a epistemologia devem centrar-se nos processos de produção de significados que incluam a aquisição de conceitos, assim como as relações entre os conceitos (Novak, 1990).

O construtivismo humano baseia-se em grandes princípios (Mintzes e Wandersee, 2000, pp. 58-61; Novak, 2000; Novak e Gowin, 1999):

- os seres humanos criam significados;
- a educação tem como objectivo a construção de significados compartilhados;
- os significados compartilhados são facilitados pela intervenção activa de professores com boa preparação;
- o ser humano pensa, sente e age e tudo isto se combina para formar o significado das experiências.

Este construtivismo é considerado por Mintzes e Wandersee (2000) como aquele que actualmente constitui “o mais útil referencial disponível para os professores de ciências que procuram tomar decisões racionais sobre o curriculum e a instrução, e que desejam basear essas decisões em temas de compreensão e de mudança conceptual” (p. 58).

Estes investigadores adiantam ainda que os construtivistas humanos são considerados realistas, na medida em que aceitam a negociação como um processo de “concordância”:

a ciência não diz respeito a compromissos, nem pretende alcançar opiniões unânimes, (...) em vez disto, é uma luta constante para construir explicações fortes e heurísticamente poderosas. O consenso, quando ocorre, é geralmente confinado aos princípios centrais e, em geral, requer grandes negociações durante um longo período de tempo. (idem, p. 61)

O construtivismo humano valoriza “as contribuições únicas das mentes individuais” e os “aspectos essenciais de um ambiente social encorajador, na construção de significados compartilhados” (idem, p. 63).

Recentemente, Kincheloe (2006) destaca o construtivismo crítico. Para o investigador, esta perspectiva fundamenta-se na ideia de que nada representa uma perspectiva neutra - nada existe antes de ser moldado pela consciência em algo perceptível. Segundo o autor, o “conhecimento do mundo consiste numa interpretação desenvolvida por pessoas que constituem uma parte desse mesmo mundo” (idem, p. 23). As interpretações não podem ser separadas dos “contextos históricos, sociais, culturais, económicos e políticos que constroem as nossas perspectivas sobre o mundo, o eu e o outro” (idem, p. 29).

### 1.5 Reflexão final do capítulo 1

A visão construtivista trivial e construtivista que defendemos é consequência da análise das respostas históricas aos problemas fulcrais do metac conhecimento científico e que consideramos serem os seguintes (Hessen, 1987): o da possibilidade do conhecimento válido, o da origem do conhecimento e o da essência do conhecimento. No quadro 1, da página 139, apenas incluímos as filosofias que consideramos mais importantes assim como alguns dos principais defensores das mesmas. Inevitavelmente o resultado do quadro é esquemático, já que a complexidade e riqueza dos modelos filosóficos apresentados não se reduzem apenas aos aspectos considerados.

Este quadro apresenta, a propósito de cada problema, as duas grandes antíteses e sínteses históricas, uma das quais é sempre o construtivismo trivial. Em oposição ao construtivismo radical, idealista, relativista, instrumentalista e céptico, que abdica da correspondência e aproximação entre as representações e a realidade a que dizem respeito, defendemos um construtivismo trivial dialecticamente superador.

Por prudência, reportamo-nos ao domínio do conhecimento do mundo físico e fazemo-lo porque confiamos no poder da experiência e da razão humana (raciocínio) nesse campo do conhecimento. Acreditamos que com a razão e a experimentação nos vamos aproximando, cada vez mais, de uma descrição da realidade física tal como ela é, sem a pretensão de a conhecer de modo absolutamente objectivo. Ser filosoficamente construtivista, no que ao conhecimento físico diz respeito, é não ser dogmático nem céptico, não ser empirista nem racionalista, não ser realista nem idealista, mas aceitar e superar argumentos de todas estas filosofias (Valadares, 1995, 2001, 2003a,b; Soares e Valadares, 2004).

O conhecimento físico não pode ser considerado empiricamente puro, nem pode ser encarado como racionalmente puro. Deste modo, torna-se despropositado defender-se um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista (idem). O conhecimento como a ciência se constrói conduziu-nos a aceitar o construtivismo humano, mas não o construtivismo radical, demasiado subjectivo e céptico, nem o construtivismo social por colocar demasiada ênfase em aspectos sociológicos a ponto de cair numa visão profundamente idealista e céptica. Este modo de encarar o construtivismo é acompanhado de uma visão psicológica do processo de conhecimento de cada ser humano que será analisado no capítulo seguinte.



Quadro 1 – Os problemas fundamentais acerca do conhecimento (adaptado de Soares e Valadares, 2004)

| Problemas                                              | Antefatos históricos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      | Superações                                                                                                                                                                                                                  | Ideias centrais                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                        | Dogmatismo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Antefatos históricos |                                                                                                                                                                                                                             | Ideias centrais                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| 1. Possibilidade do conhecimento                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dogmatismo ingênuo (pré-socráticos)</li> <li>- Cepticismo</li> <li>- Cepticismo radical (Pirrón de Elis)</li> <li>- Positivismo (Augusto Comte)</li> <li>- Neopositivismo</li> <li>- Subjectivismo (sofistas)</li> <li>- Relativismo (Oswald Spengler)</li> <li>- Pragmatismo (William James)</li> </ul>                                                                                                                                             |                      |                                                                                                                                                                                                                             | A validade do conhecimento é inquestionável. Temos acesso a um conhecimento autêntico da realidade.                                                                                                                                                                                                                          |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | A realidade é incognoscível. O que sabemos acerca do mundo carece de validade. Não sabemos se as nossas representações acerca da realidade estão próximas ou afastadas dela. Não há qualquer verdade universalmente válida. A validade do conhecimento reside tão só na sua aplicabilidade.                                  |  |
| 2. Origem do conhecimento                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Racionalismo</li> <li>- Racionalismo transcendente (Platão)</li> <li>- Racionalismo teológico (Sto. Agostinho)</li> <li>- Racionalismo imanente (Descartes, Leibnitz)</li> <li>- Racionalismo lógico (séculos XIX e XX)</li> <li>- Empirismo</li> <li>- Empirismo inglês (Hume, Locke)</li> <li>- Sensualismo (Condillac)</li> </ul>                                                                                                                 |                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Criticismo (fundador Kant)</li> <li>- Construtivismo trivial (construtivismo humano)</li> </ul>                                                                                    | O conhecimento válido dos fenómenos ou acontecimentos é possível desde que as fontes do conhecimento, as objecções e as razões sejam examinadas com base numa crítica prévia.                                                                                                                                                |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | É possível através da construção e reconstrução de ideias, assente na sua "negociação", atingir um conhecimento cada vez mais válido e completo do mundo, sem a pretensão de atingir a verdade total e indiscutível acerca dele.                                                                                             |  |
| 3. Natureza do conhecimento (essência do conhecimento) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realismo</li> <li>- Realismo ingênuo (pré-socráticos)</li> <li>- Realismo natural (Aristóteles)</li> <li>- Realismo crítico (Demócrito, Galileu, Descartes)</li> <li>- Idealismo</li> <li>- Idealismo subjectivo ou psicológico (Berkeley)</li> <li>- Idealismo moderado (Descartes)</li> <li>- Empirio-criticismo (Avenarius, Mach)</li> <li>- Idealismo objectivo ou lógico (neokantismo da Escola de Marburgo, fundador Hermann Cohen)</li> </ul> |                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intelectualismo (fundado por Aristóteles, desenvolvido por S. Tomás de Aquino)</li> <li>- Apriorismo Kantiano</li> <li>- Construtivismo trivial (construtivismo humano)</li> </ul> | A razão, o pensamento, é a fonte única, própria ou, no mínimo, mais importante, do conhecimento humano.                                                                                                                                                                                                                      |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | A experiência, percepções e sensações são a fonte única ou, no mínimo, fundamental, de todas as nossas ideias que ficam, pois, circunscritas ao mundo empírico.                                                                                                                                                              |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Por meio dos sentidos formamos representações intuitivas sensíveis acerca dos objectos concretos que o pensamento «ilumina», abstraindo delas os conceitos e numa relação genética com elas.                                                                                                                                 |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Existe um factor racional no conhecimento, absolutamente desligado da experiência e também um factor empírico fundamental.                                                                                                                                                                                                   |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Para conhecer a natureza, a mente humana possui categorias (conceitos puros) que aplica aos dados sensíveis e somente a estes. As realizações da ciência devem submeter-se à crítica da razão pura.                                                                                                                          |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | O pensamento é espontâneo e activo perante a experiência.                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | O conhecimento resulta da interacção entre a razão e a experiência em que nem uma nem outra têm uma hegemonia.                                                                                                                                                                                                               |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Existem objectos e fenómenos reais, totalmente independentes do sujeito, cujo conhecimento é independente do sujeito ou, no mínimo, é fundamentalmente centrado nesses objectos e fenómenos.                                                                                                                                 |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Os pretensos objectos reais são, na realidade, objectos de consciência (idealismo subjectivo ou psicológico) ou objectos ideais (idealismo objectivo ou lógico).                                                                                                                                                             |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Não conhecemos os objectos como são em si, mas como se nos apresentam. Existem coisas reais (fenómenos), mas não podemos conhecer a sua essência (númenos).                                                                                                                                                                  |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | O conhecimento forma-se na nossa mente ao ordenarmos o material sensível em relação às formas a priori da nossa intuição e entendimento (que, em si, não são conteúdos de conhecimento).                                                                                                                                     |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | O conhecimento de uma realidade resulta da construção e reconstrução de representações da mesma pelo sujeito, em interacção com ela. As representações construídas pelos sujeitos não são totalmente objectivas, mas vão-se aproximando tanto mais da realidade a que se referem quanto mais o conhecimento vai progredindo. |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Fenomenalismo (fundador Kant)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                                                                                             | Construtivismo trivial (construtivismo humano)                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |

## CAPÍTULO 2

### A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NUMA PERSPECTIVA PSICOLÓGICA

Neste capítulo iremos abordar, segundo uma perspectiva histórica, algumas teorias psicológicas, de modo a melhor fundamentar os aspectos gerais dessas teorias referentes ao processo de ensino-aprendizagem.

Iniciaremos esta secção com ideias gerais acerca das teorias behavioristas, destacando as de Skinner. Segue-se a abordagem de algumas teorias cognitivistas e cognitivistas/humanistas. Dentro destas, destacaremos as que fundamentam a Teoria da Aprendizagem Significativa, que defendemos na presente investigação, particularmente as de Ausubel, Novak e Gowin, complementada por algumas ideias da psicologia de Vygotsky.

Analisaremos, ainda, as principais características das teorias de Bruner, Piaget e Kelly, pela sua importância para o processo de ensino-aprendizagem. Terminaremos o capítulo com um quadro-síntese das principais ideias das teorias psicológicas abordadas.

#### 2.1 Breve introdução histórica

Habitualmente, fixa-se o início da Psicologia no ano de 1879, data em que Wilhelm Wundt (1832-1920) estabeleceu o primeiro laboratório de Psicologia Experimental em Leipzig, na Alemanha (Valadares, 2006a). Wundt “conjugou os seus conhecimentos de medicina fisiológica com os da filosofia e, dentro desta, o associacionismo inglês” (Caparrós, 1980, p. 14). O seu propósito era “elaborar uma psicologia que não admitisse senão factos e que recorresse tanto quanto possível à experimentação e à medida” (Mueller, 1976, p. 15).

As razões atribuídas para explicar este aparecimento tão recente da Psicologia devem-se, segundo Caparrós (1980):

- ao carácter espiritual, sagrado e transcendental que a maioria das instituições humanas atribuíram e ainda atribuem ao ser humano. Estas, embora aceitem que o corpo humano é uma realidade material, tendem a colocar o psiquismo do homem numa alma espiritual, sagrada e afastada da matéria;
- à complexidade do ser humano e do seu comportamento, que exigiu que os métodos científicos e os instrumentos de observação alcançassem uma grande perfeição antes de serem aplicados ao homem.

Contudo, como explícita Valadares (2006a), as raízes filosóficas da Psicologia são mais antigas e remontam, pelo menos, aos empiristas ingleses do século XVIII, particularmente a David Hume (1711-1776), assim como aos sensistas e associacionistas do século XIX. O associacionismo - doutrina básica de uma escola filosófica dominante na Inglaterra no século XVIII e em grande parte do século XIX, que acabou por tomar aquele nome - teve como principais representantes David Hartley (1705-1757), James Mill (1773-1836) e John Stuart Mill (1806-1873). Estes autores procuraram explicar os fenómenos mentais com base em sensações.

Para os associacionistas ingleses os elementos simples da nossa mente são as sensações e as imagens ou cópias que estas produzem na mente e, a partir deles, eles pretendem interpretar todos os fenómenos mentais por simples associações mecânicas dos mesmos (Caparrós, 1980; Valadares, 2006a).

Em meados do século XIX o associacionismo chega à Alemanha, sob o impulso do fisiólogo dos sentidos, o físico Von Helmholtz (1821-1894), e do pai da Psicologia, Wundt (idem).

Segundo o associacionismo existem três leis pelas quais se guiam todos os nossos processos mentais. São elas (Caparrós, 1980; Valadares, 2006a):

- *Lei da contiguidade:* dois processos psíquicos que acontecem sucessiva ou simultaneamente associam-se entre si;

- *Lei da frequência:* as associações que ocorrem frequentemente são as que acabam por ser mais duradouras e estáveis;
- *Lei da proximidade temporal:* as associações que se fizeram mais recentemente são as mais duradouras e estáveis.

Deste modo, constata-se que estas primeiras teorias psicológicas interessavam-se, particularmente, pelo desenvolvimento de associações entre estímulos e respostas, defendendo a ideia de que tais associações proporcionavam a base para a compreensão do comportamento (Valadares, 2006a).

Dois aspectos negativos são apontados, por Caparrós (1980), à psicologia experimental de Wundt e de um seu discípulo, Titchener, introdutor da psicologia científica nos Estados Unidos: reduzir o campo da psicologia à consciência e utilizar o método da introspecção. Os sujeitos eram “treinados a olharem para dentro de si próprios e relatarem os seus mais fugazes e minuciosos sentimentos e sensações” (Sprinthall e Sprinthall, 1993, p. 207) e assim, por muito controlado que o método de introspecção estivesse, não perdia o seu carácter subjectivo, que não se coaduna com a objectividade da ciência (Caparrós, 1980).

Como reacção a Wundt surgiram os comportamentalistas, ou behavioristas, e os gestaltistas. A psicologia da Gestalt, introduzida na Alemanha no início do século XX, interessava-se fundamentalmente pelos problemas da percepção e pela maneira como estes podem ser interpretados (Valadares, 2006a). O movimento gestaltista, liderado por Max Wertheimer (1880-1943), criticou fortemente o

estruturalismo vigente que usava a introspecção a fim de analisar a estrutura da mente, procurando isolar os elementos do pensamento. Os estruturalistas tentavam analisar o pensamento consciente em termos de unidades fundamentais, como sensações, imagens e ideias, que se associavam para produzir experiências mentais complexas. (Moreira, 1999, p. 44)

Wertheimer e os gestaltistas, particularmente dois dos seus colegas, co-fundadores do movimento, Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Koffka (1886-1941) alegavam

que os fenómenos psicológicos não podiam ser compreendidos estudando as simples associações entre minúsculos elementos, mas sim vendo-os na sua configuração global ou, para usar a palavra alemã, como uma gestalt. (Sprinthall e Sprinthall, 1993, p. 217)

O todo era mais do que a simples soma de suas partes. Sendo assim, “a aprendizagem era vista como a compreensão de uma relação total, significativa, e a única abordagem aceitável para o estudo da aprendizagem era a cognitiva” (idem).

O gestaltismo foi a primeira corrente a aparecer dentro das teorias cognitivas. Os seus defensores partilhavam a ideia de “que a aprendizagem não é um processo gradual e sim que se baseia no processo que implica o insight entendido como um mudança súbita no campo perceptual” (Caparrós, 1980, p. 78). Para além da intuição, os gestaltistas consideram que a aprendizagem deve assentar em outras duas condições, que ponderam como sendo fundamentais: a finalidade e a estrutura. A partir do momento em que “o sujeito defina o fim que deseja atingir, apercebe-se de como há-de estruturar a sua aprendizagem de maneira a consegui-lo” (Tavares e Alarcão, 1992, p. 101).

Na mesma época em que surge o gestaltismo surge, nos Estados Unidos, o behaviorismo, que também se opõe fortemente ao estruturalismo, mas noutro sentido: “a psicologia devia ocupar-se do comportamento, não da consciência” (Moreira, 1999, p. 44). Esta corrente argumentava “que os únicos dados verdadeiramente científicos em Psicologia eram as respostas observáveis” (Sprinthall e Sprinthall, 1993, p. 217). John Watson (1878-1958), considerado o fundador do behaviorismo, “queria discutir estímulos e respostas, não imagens e ideias. Ele queria lidar com unidades de comportamentos, não da consciência” (Moreira, 1999, p. 44), uma vez que esta não pode ser vista, tocada ou observada. Os behavioristas não objectavam contra o estudo de partes separadas, mas denunciavam ferozmente o uso da introspecção (Sprinthall e Sprinthall, 1993). Sobre esta, Watson escreveu que “não é senão um outro nome para falar das obscuras reacções que se verificam no corpo. De maneira alguma constitui um método genuinamente psicológico” (Watson, 1925, citado em Caparrós, 1980, p. 49).

Não existia a necessidade de estudar o pensamento no seu sentido tradicional, uma vez que o condicionamento explicava tudo muito bem: “tinha sido encontrada uma nova unidade de análise que não só era observável como também consistente com o princípio da associação” (idem, p. 208).

No caso das teorias de aprendizagem, consideram-se três as psicologias subjacentes: a comportamentalista (behaviorista), a cognitivista e a humanista. Embora por vezes seja difícil enquadrar claramente numa só corrente psicológica uma determinada teoria de aprendizagem (Moreira, 1999).

Enquanto que as teorias comportamentalistas consideram a mente como uma caixa negra, cujo comportamento é conhecido pelas respostas que o sujeito dá aos estímulos que recebe do mundo exterior e, numa versão mais recente, aos reforços provocados pelas consequências dessas respostas, as teorias cognitivas focalizam-se nos processos mentais que estão subjacentes ao funcionamento da mente (Valadares, 2006a). O cognitivismo põe a tónica na actividade do sujeito, sendo da sua responsabilidade a construção/reconstrução do conhecimento. Quanto às teorias psicológicas cognitivistas/humanistas, embora tenham em conta uma essência cognitivista, evidenciam as características humanas do sujeito e a importância que as idiossincrasias têm na produção do seu conhecimento (idem).

Dentro de cada uma destas correntes, abordaremos, de um modo geral, algumas teorias cujos autores referenciados tiveram e ainda têm um papel fundamental no ensino das ciências. Assim, na corrente behaviorista abordaremos a teoria de Skinner; na corrente cognitivista, a teoria de ensino de Bruner, a teoria dos esquemas de assimilação (acção) de Piaget, a teoria da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, a teoria dos construtos pessoais de Kelly e a teoria da construção cognitiva em termos dos subsunçores de Ausubel; na corrente cognitivista/humanista, a teoria de educação de Novak, discípulo de Ausubel e, finalmente o modelo de ensino-aprendizagem de Gowin. Novak e Gowin, autores que abordam as suas teorias de uma maneira que os aproxima muito da corrente humanista (Moreira, 1999).

## 2.2 O behaviorismo

### 2.2.1 O behaviorismo clássico

Para os behavioristas o homem é, principalmente, um organismo que responde a estímulos exteriores. Sendo assim, a aprendizagem é uma forma de condicionamento, resultado de uma associação entre estímulos específicos e reacções específicas, podendo ser reforçadas ou ignoradas até à extinção e, eventualmente, inibidas, se afastarem o aluno da finalidade pretendida. É uma visão que evidencia o “saber fazer, o comportamento exterior, observável e susceptível de ser medido” (Tavares e Alarcão, 1992, p. 96).

Segundo Tavares e Alarcão (1992), os defensores desta visão deliberam uma sequência programada de actividades a realizar para percorrer o caminho entre o comportamento inicial do sujeito, no início da aprendizagem, e o comportamento final, sem ter em linha de conta os processos mentais que esse percurso envolve. A avaliação da aprendizagem consiste em verificar se os comportamentos, previamente definidos, são apresentados no final da instrução.

Como forma de condicionamento encaram o sujeito “como um recipiente passivo e moldável” (idem, p. 97), dependente do educador que o leva a atingir um fim previamente estabelecido exercendo uma influência muito directa sobre ele. Todas as formas de comportamento podem ser aprendidas, e aprendizagem é sinónimo de mudança de comportamento. Neste contexto, o educando “não precisa de entender, o que tem é de fazer como lhe é dito que faça” (idem, p. 114).

Tal como foi referido, o termo behaviorismo está associado ao nome do psicólogo americano John Watson e, em particular, ao seu livro *Behaviorism* publicado no início do século XX. Nos estudos que efectuou sobre o comportamento, este autor rejeitou tudo aquilo que não pudesse ser observado, nem medido com objectividade (idem, p. 92).

O behaviorismo de Watson surge na sequência da teoria dos reflexos condicionados, de Ivan Pavlov (1839-1936), e da teoria de estímulo-resposta, de Edward Lee Thorndike (1874-1949). Para este último psicólogo, “aprender era resolver um problema” (idem, p. 94).

Estabelecia-se uma ligação, a nível do sistema nervoso, entre estímulo e reacção, conseguida após uma série de tentativas e erros. Depois desta série de ensaios e erros, o sujeito acabava por efectuar a conduta pretendida (Caparrós, 1980; Valadares, 2006a).

### 2.2.2 O neobehaviorismo de Skinner

As ideias de condicionamento e reforço foram mais tarde desenvolvidas pelo neobehaviorista Burrhus Frederik Skinner (1904-1990). Dos autores ligados ao desenvolvimento das teorias comportamentalistas, destacaremos, apenas, de forma sucinta, a teoria do comportamento operante de Skinner, por ter tido uma grande influência no processo de ensino-aprendizagem (Sprinthall e Sprinthall, 1993).

#### Segundo Sprinthall e Sprinthall (1993)

Skinner não se preocupa com o que se passa no interior do organismo, com o seu estado motivacional ou emocional, ou mesmo com a sua neurologia. A psicologia de Skinner é a psicologia de «um organismo vazio», uma psicologia em que as condições do meio (estímulos) se associam e afectam o repertório de respostas do organismo. (p. 225)

Para Skinner, a mente não é relevante para a compreensão da razão pela qual as pessoas se comportam desta ou daquela maneira. A psicologia skinneriana baseia-se numa perspectiva do comportamento ligada ao meio. Com efeito, “é o meio que causa as mudanças no comportamento, porque as consequências da resposta influenciam a acção futura e porque estas consequências ocorrem no meio exterior” (idem, p. 226).

#### Segundo Skinner (1998)

enquanto estamos despertos, agimos constantemente sobre o ambiente, e muitas das consequências das nossas acções são reforçadoras. Através do condicionamento operante, o meio ambiente modela o repertório básico com o qual mantemos o equilíbrio, andamos (...). Uma modificação no ambiente, um novo automóvel, um novo amigo, (...) pode encontrar-nos não preparados, mas o comportamento ajusta-se rapidamente assim que adquirirmos novas respostas e deixarmos de lado as antigas. (p. 72)



O psicólogo encara a aprendizagem como uma associação entre estímulos (E) e respostas (R), embora nem sempre por esta ordem, evidenciando tanto as associações R-E como as associações E-R; ou seja, Skinner constatou que o condicionamento surge quando a resposta é seguida de um estímulo reforçador. A este tipo de condicionamento chama-se operante. Segundo afirmam Sprinthall e Sprinthall (1993), “Skinner acredita que a maior parte do comportamento humano é do tipo operante” (p. 227).

A característica que distingue o condicionamento operante das formas anteriores de behaviorismo é que o organismo pode emitir, operar, respostas sobre o ambiente, em vez de apenas produzir respostas devido a estímulos externos. A este propósito, Kendler (1974) menciona que “no condicionamento clássico (...) a resposta está mais sob o controlo do estímulo (...), enquanto no condicionamento operante os factores internos ao organismo desempenham um papel de maior relevo” (p. 335). Assim, a aprendizagem por condicionamento operante, nos seres humanos, ocorre quando há uma actividade intencional do sujeito para obter uma recompensa ou evitar um castigo.

Skinner (1998) evidencia o papel determinante do reforço no processo de aprendizagem. Define-o como sendo qualquer estímulo que surge depois de uma resposta e que incrementa a probabilidade de esta ocorrer novamente. É um conceito “definido estritamente em termos operacionais, isto é, em termos do modo como é observado ou medido” (Sprinthall e Sprinthall, 1993, p. 226). Deste modo, considera um reforço positivo aquele que é constituído por algo que agrada ao indivíduo e que fortalece, quando é apresentado, a associação estímulo-resposta, ou seja, como o próprio Skinner (1998) explicita, “é qualquer estímulo que, quando apresentado, aumenta a frequência do comportamento ao qual é contingente” (p. 201). Por exemplo, em sala de aula, poderão ser estimulantes as palavras entusiastas dirigidas a uma criança que inicia as tarefas escolares; o facto de um aluno ter boas notas ou qualquer prémio com que é recompensado pelo bom desempenho de uma tarefa. Um reforço negativo, por sua vez, é constituído por algo

desagradável ou nocivo, que contudo também facilita a associação estímulo-resposta pelo que tende, igualmente, a aumentar o número de respostas. Simplesmente, estas têm como objectivo evitar o aparecimento desse reforço negativo.

Segundo as palavras de Skinner (1998), “definimos reforço negativo como qualquer estímulo que, quando retirado, aumenta a frequência do comportamento” (idem). Um reforço negativo é diferente de punição – estímulo desfavorável que reduzirá a probabilidade de ocorrência da mesma resposta. Para o psicólogo, “o venerável papel da punição no controle educacional é representado pela palmatória, bem como pela aceitação de certas formas de violência disciplinadora” (p. 441).

Em síntese, a ideia principal de Skinner baseia-se no pressuposto de que “tudo o que a pessoa faz, ou pode fazer no futuro, é um resultado directo da sua história única de reforços e punições” (Sprinthall e Sprinthall, 1993, p. 226).

No caso particular do ensino, Sprinthall e Sprinthall (1993) consideram que “o bom ensino corresponde à capacidade de organizar a sequência de reforços apropriada e de verificar que estes reforços são contingentes à emissão das respostas apropriadas por parte dos alunos” (p. 234).

Em termos pedagógicos, a psicologia de Skinner aponta, então, no sentido de:

- a apresentação de uma informação complexa dever ser feita por pequenas etapas, de modo a que possam existir pares estímulo-resposta com o controlo de cada avanço relativo à aprendizagem;
- haver o reforço pronto de cada resposta, dando um feedback ao aluno;
- ocorrer o autocontrolo por parte do aluno, com a eventual passagem ou não a módulos posteriores;
- ser necessária a participação activa do aluno, traduzida pela resposta dada através de um sistema de avaliação ancorado na reprodução da mesma (Valadares, 2006a).

Para Moreira (1999), a teoria comportamentalista de Skinner teve uma clara influência no ensino em sala de aula, particularmente na definição operacional de objectivos, típica dos anos 70. Explicitando o seu pensamento, este investigador acrescenta que

o ensino era organizado a partir de objectivos claramente definidos, precisamente definidos, que explicitavam com exactidão aquilo que o aluno deveria ser capaz de fazer e sob quais condições, após receber a instrução correspondente. Tais objectivos eram os comportamentos que os alunos deveriam exhibir após a instrução. Quando eram, de facto, exibidos, isso era tomado como evidência de aprendizagem e de ensino eficaz. (p. 62)

## 2.3 Cognitivismo/Construtivismo

### 2.3.1 O construtivismo de Bruner

Embora Skinner seja um comportamentalista e Bruner especule sobre os acontecimentos que ocorrem na mente da criança, ambos se dirigem ao professor em exercício.

Skinner deu ao educador indicações para poder transmitir o conhecimento com base na observação do comportamento dos educandos (uma aprendizagem que vai ocorrendo quando o aluno interacciona com o meio físico e reage perante este), enquanto que Bruner localizou-se mais na organização cognitiva, na compreensão, na aprendizagem lógico-matemática (a aprendizagem que resulta da nossa actuação sobre as coisas). Este psicólogo apontou caminhos que permitem levar a criança para além do mero condicionamento ou da aprendizagem física (Sprinthall e Sprinthall, 1993).

Bruner (1999) considera que uma teoria da educação deve procurar que o currículo reflecta três aspectos considerados importantes. São eles: a natureza do próprio conhecimento, a natureza do conhecedor e o processo de aquisição de conhecimentos. Formar alguém não é fazê-lo memorizar resultados, é ensiná-lo a participar no processo que o conduz ao conhecimento. Deste modo, “o saber é um processo, não um produto” (p. 96).

Uma teoria de ensino, segundo Bruner (1999), assenta em quatro princípios fundamentais: motivação, estrutura, sequência e reforço. Estes têm como propósito uma

aprendizagem alicerçada na compreensão e no significado, mais do que no condicionamento de factos.

Sobre o primeiro princípio, a motivação, o psicólogo considera que em todas as crianças existe a vontade de aprender alguma coisa. O reforço ou recompensa externa pode ser importante para iniciar determinadas acções ou então para assegurar que estas sejam repetidas. Contudo, é a motivação intrínseca que sustém a vontade de aprender. Como exemplo deste tipo de motivação, Bruner destaca a curiosidade, impulso biologicamente relevante para o ser humano (Sprinthall e Sprinthall, 1993).

Uma outra motivação que, segundo Bruner, trazemos connosco desde o nascimento, é o impulso para adquirir competências. Para este psicólogo, é muito difícil levar as crianças a realizar actividades para as quais não tenha qualquer propensão. Elas interessam-se, sobretudo, por aquilo em que são boas. Por último, Bruner menciona uma terceira motivação inerente às espécies, a reciprocidade. Esta envolve a necessidade de trabalhar de modo cooperativo com os outros sujeitos e, para o autor, a sociedade desenvolveu-se como consequência do produto obtido desta motivação básica (Sprinthall e Sprinthall, 1993).

O segundo princípio mencionado por Bruner (1998, 1999) é a estrutura. Assim, “o currículo de uma disciplina deve ser determinado pela mais profunda compreensão possível dos princípios subjacentes, que conferem estrutura ao tema” (Bruner, 1998, p. 49). Além disso, a tarefa do professor ensinar “um aluno de determinada idade consiste em representar a estrutura dessa disciplina, nos termos em que a criança vê as coisas” (idem, p. 51). Bruner (1998,1999) insiste no facto de qualquer assunto poder ser compreendido por qualquer criança, desde que seja apropriadamente apresentado. Como o próprio alude

qualquer ideia pode ser honestamente apresentada e com utilidade nas formas de pensar das crianças em idade escolar, e mais tarde estas primeiras representações se poderão facilmente tornar mais fortes e precisas, em virtude dessa aprendizagem anterior. (1998, p. 51)

Para Bruner, o desenvolvimento intelectual da criança não é interpretado como sendo uma sequência regular e infalível de acontecimentos, ele é, igualmente, influenciado pelo ambiente, particularmente pelo escolar. Deste modo

a aprendizagem de ideias científicas, mesmo a um nível elementar, não precisa de seguir exactamente o curso natural do desenvolvimento cognitivo da criança. Pode também conduzir o desenvolvimento intelectual, fornecendo-lhe oportunidades úteis, que a desafiem a avançar. A experiência mostrou que vale a pena apresentar-lhe problemas que a entusiasmam a transitar para um estágio de desenvolvimento mais avançado. (idem, p. 55)

Bruner defende que o currículo deve ser organizado em espiral, de modo que os conhecimentos de cada nível sejam suficientemente interessantes para desafiar a criança a prosseguir e a adquirir os seguintes. E destaca também o papel da linguagem no ensino (Bruner, 1999). Esta constitui uma ferramenta poderosa, não só para comunicar mas também como meio “de codificar a realidade, de representar assuntos quer remotos quer imediatos e de fazer tudo isto de acordo com regras que nos permitem representar a realidade, bem como transformá-la através de regras convencionais” (p. 45).

O terceiro princípio de Bruner (1999), sequência, tem a ver com o facto - tal como Piaget tinha defendido - de que o ensino deve acompanhar o desenvolvimento humano, que ocorre segundo uma sequência inata, movendo-se da representação motora, passando pela icónica até à simbólica. Sendo assim,

a aprendizagem começaria por experiências activas, como a manipulação de objectos, para depois passar ao estudo das representações dos objectos e suas características e, mais tarde, aos conceitos mais complexos, lógicos e abstractos e às suas diferentes combinações e organização em sistemas. (Tavares e Alarcão, 1992, p. 103)

Porém, enquanto Piaget recorre à ideia de “estágios” de desenvolvimento e os relaciona claramente com a idade, Bruner (1999) considera que o aparecimento desses “passos, estádios, avanços, ou o que escolhermos chamar-lhes, não está claramente ligado à idade” (p. 46). Segundo o psicólogo, o ambiente pode fazer abrandar, ou mesmo parar ou ainda acelerar, esta sequência.

Quanto ao quarto princípio, o reforço, Bruner (1999) considera-o importante não só na altura em que é oferecido, mas também no modo como é atribuído. Este deve ser dado de forma compreensível para o estudante. Sobre este aspecto, Sprinthall e Sprinthall (1993) explicitam o seguinte: “se o aluno opera ao nível motor, será inútil um reforço ao nível icónico

ou simbólico. Para ser útil, a informação retroactiva deve ser compreensível para o aluno” (p. 242).

Relativamente ao acto de aprendizagem de uma dada matéria, Bruner (1998) considera a existência de três processos quase simultâneos:

- *aquisição de novos conteúdos* - pode ocorrer que a nova informação se oponha ao que é conhecido, e aí existe a necessidade de substituir aquela que a pessoa tinha anteriormente;
- *transformação* - “é o processo de manipular o conhecimento para o adaptar a novas tarefas” (idem, p. 62). Este processo inclui tratar a informação para se conseguir ir além dela;
- *avaliação* - consiste em verificar se o modo como trabalhamos a informação é o adequado à tarefa a realizar.

O psicólogo distingue dois tipos de ensino, o expositivo e o hipotético (Bruner, 1998). No primeiro tipo, o professor toma praticamente todas as decisões, tendo o aluno um papel passivo e receptivo da informação; no segundo tipo, o aluno aprende devido à participação activa na exploração dos conteúdos. Utilizando a técnica da descoberta, a criança consegue, por si própria, gerar a informação necessária, a qual, posteriormente, poderá verificar nas fontes, obtendo, desta maneira, mais conhecimentos (idem).

Bruner (1998) salienta a importância do facto de os alunos terem de “saber o que é sentirem-se completamente absorvidos por um problema” (p. 63). Cabe aos docentes desafiá-los “com a possibilidade de usarem toda a sua capacidade, a fim de poderem descobrir o prazer de uma actividade completa e eficiente” (idem).

O ensino por descoberta pressupõe, da parte do professor, “uma capacidade de lançar perguntas que despertem a curiosidade, mantenham o interesse, provoquem e desenvolvam o pensamento” (Tavares e Alarcão, 1992, p. 103). Por meio da “incitação e de perguntas que

levem ao discernimento (insight), os alunos podem descobrir por si próprios alguns dos princípios básicos” (Sprinthal e Sprinthal, 1993, p. 242) que explicam certos fenómenos.

As situações que envolvam a resolução de problemas serão aquelas que melhor facilitarão a aprendizagem por descoberta (Bruner, 1998) e o psicólogo coloca grande ênfase neste tipo de aprendizagem.

### 2.3.2 A teoria construtivista de Piaget

Jean Piaget (1898-1980) é considerado no século XX como o pioneiro da teoria construtivista do desenvolvimento cognitivo humano (Moreira, 1999). Os seus trabalhos mais importantes datam da década de 20, mas somente após os anos 60 a sua teoria de desenvolvimento teve enorme alcance nos círculos educacionais. Um dos motivos para este reconhecimento tardio foi o facto de as suas ideias irem contra a principal corrente da Psicologia Educacional, o behaviorismo.

Neste contexto, Sprinthal e Sprinthal (1993) afirmam que

Piaget propunha que se começasse por investigar a criança em vez de adoptar a perspectiva de Thorndike, segundo a qual se deveriam investigar as “leis” da aprendizagem em abstracto. (...) Piaget observava e registava, cuidadosamente, a forma como as crianças pensavam. (p. 99)

Piaget iniciou uma longa investigação no campo da Psicologia genética, que tinha por objectivo descobrir a forma como evoluem as representações sobre o mundo nos sujeitos, desde que nascem. Através de um estudo intensivo de crianças, durante largos períodos de tempo, o psicólogo começou a delinear o inexplorado território da mente humana. Com os dados recolhidos Piaget concebeu um mapa de estádios de desenvolvimento cognitivo. Estes estádios revelavam que tanto a natureza como a forma da inteligência mudam ao longo do tempo (idem).

Piaget é considerado um psicólogo estruturalista, recorrendo frequentemente à expressão “estrutura” a propósito do desenvolvimento da inteligência humana (Valadares,

2006a). Esta palavra significa um conjunto de ligações que o sujeito pode e deve utilizar, mantendo-se invariáveis em determinadas transformações (Piaget, 1977). Contudo, ao contrário dos estruturalistas que o antecederam Piaget defende que as estruturas que cada criança apresenta não são inatas, mas “constroem-se por interacção entre as actividades do indivíduo e as reacções do sujeito” (Bringuier, 1993, p. 56).

Para além do termo estrutura surgem outros conceitos-chave na teoria de Piaget, tais como: assimilação, acomodação, equilibração e adaptação.

Cada vez que a criança se vê perante algo que não compreende, aborda-o segundo as estruturas mentais disponíveis na altura. Este processo, denominado de assimilação, envolve as tentativas que fazemos para que as características de uma dada situação se ajustem aos padrões de acção que já possuímos. Para Piaget (1977), “toda e qualquer aquisição nova consiste em assimilar um objecto ou uma situação a um esquema anterior” (p. 79). A assimilação de um objecto é a satisfação de um dado desejo, uma vez que é a componente afectiva que a desencadeia, mas é, simultaneamente, o conferir uma estrutura cognitiva a uma acção (Piaget, 1977).

Quando a criança “assimila” o mundo exterior às estruturas que já possui, reajustando-as, ocorre o processo da acomodação. Deste modo, como menciona Valadares (2006a), a acomodação corresponde a uma modificação de uma estrutura psicológica por influência da interacção do sujeito com o meio envolvente. Cada vez que, no sujeito, ocorre o processo da acomodação, o crescimento intelectual aproxima-se mais da maturidade, uma vez que ele modifica as suas ideias a respeito do mundo, formando um esquema mais adaptativo adequado às circunstâncias problemáticas da realidade. Sendo assim, “o desenvolvimento mental aparecerá como uma adaptação sempre mais precisa à realidade (Piaget, 2000, p. 18).

Piaget designou esta adaptação por equilibração, uma vez que as experiências novas provocam desequilíbrio no funcionamento das estruturas mentais, facto que leva o indivíduo a elaborar estruturas mais complexas e mais aplicáveis a abstracções (Sprinthall e Sprinthall, 1993).



A assimilação e a acomodação funcionam em conjunto, tanto no acto de pensar como no de raciocinar. Segundo explicita Moreira (1999), “não existe acomodação sem assimilação, pois acomodação é reestruturação da assimilação” (p. 100).

Sprinthall e Sprinthall (1993) referem que, na maior parte dos casos, os processos de assimilação e de acomodação estão em equilíbrio, ocorrendo com a mesma extensão na maioria dos actos intelectuais bem sucedidos. Torna-se fundamental em termos de desenvolvimento que esse equilíbrio ocorra.

A teoria de Piaget pode ser esquematizada do seguinte modo (figura 6):

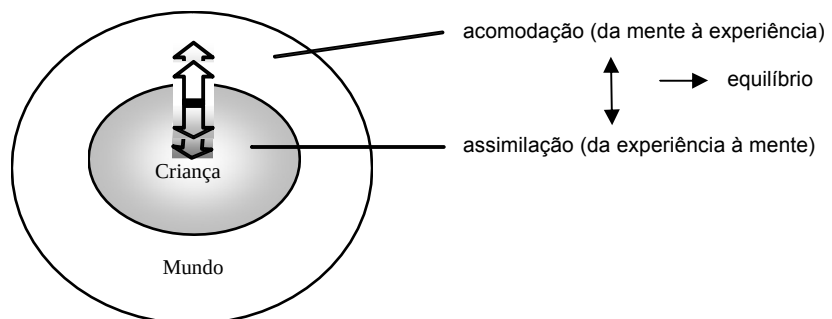


Figura 6 - Teoria de Piaget.

As estruturas cognitivas de Piaget não constituem quadros conceptuais/proporcionais de assuntos específicos. Pelo contrário, a sua teoria está elaborada em torno de capacidades gerais, que se aplicam a qualquer assunto e passam por vários estádios de pensamento relacionados com o desenvolvimento cognitivo: estágio sensório-motor (0-2 anos); pré-operacional (2-7 anos); operacional-concreto (7-12 anos); e, por último, operacional-formal (a partir dos 12 anos) (Sprinthall e Sprinthall, 1993; Moreira, 1999; Piaget, 2000; Valadares, 2006a).

Estes períodos definem-se em função do sistema de pensamento e da idade modal. Assim, no estágio sensório-motor a aprendizagem está ligada à experiência imediata. A criança não diferencia o seu eu do meio que a rodeia. No fim deste período, a criança começa a descentralizar as acções em relação ao próprio corpo e a considerá-lo como um objecto entre os outros. A criança é capaz, igualmente, de responder a objectos que não está vendo directamente, que já têm uma realidade cognitiva além da realidade física.

No estágio seguinte, com o desenvolvimento da linguagem, a utilização dos símbolos e imagens mentais, a criança faz livres associações, fantasia e torna-se cada vez mais criativa. O seu pensamento começa a organizar-se, porém, ainda não é reversível. A criança continua numa perspectiva egocêntrica, interpretando a realidade como ela a afecta.

O estágio seguinte – operacional concreto - caracteriza-se, fundamentalmente, pelo pensamento concreto, incidente sobre objectos reais. Verifica-se uma descentração progressiva em relação à perspectiva egocêntrica que caracterizava a criança até esta altura. O seu pensamento está agora mais organizado, possuindo características de uma lógica de operações reversíveis. Porém, ela ainda não é capaz de operar com hipóteses, independentemente de saber o seu valor lógico.

No período das operações formais, a principal característica é a capacidade de raciocinar não apenas com objectos concretos, mas também com hipóteses. O raciocínio hipotético-dedutivo torna-se assim possível.

Esses estádios de desenvolvimento são contínuos, e cada um deles é elaborado a partir do anterior, sendo também um derivado dele. Piaget acredita que nenhuma criança pode omitir qualquer um dos estádios, dado que cada um toma emprestado do anterior os seus feitos e realizações. Cada nova experiência é agregada ao material já acumulado, havendo sempre uma relação entre a habilidade e as crenças actuais da criança e todo o seu passado. Por outro lado, crianças da mesma faixa etária apresentam, predominantemente, comportamentos análogos aos previstos para o estágio a que pertencem.

A teoria de Piaget é uma teoria referente ao desenvolvimento cognitivo, com implicações na aprendizagem. Contudo, esta teoria não enfatiza o conceito de aprendizagem, antes menciona um “aumento de conhecimento”. Nessa perspectiva, só existe aumento de conhecimento (aprendizagem) quando o esquema de assimilação do sujeito o conduz a uma acomodação, isto é, a uma reestruturação da estrutura cognitiva (esquemas de assimilação existentes), que resulta em novos esquemas de assimilação (Moreira, 1999).

Sendo assim, a teoria de Piaget tem importantes implicações para o ensino, sendo uma delas a preocupação permanente em provocar na criança desequilíbrios. Nesta linha de pensamento Moreira (1999) menciona que:

ensinar (ou em sentido mais amplo, educar) significa, pois, provocar o desequilíbrio no organismo (mente) da criança para que ela, procurando o reequilíbrio (equilibração majorante), se reestruture cognitivamente e aprenda. O mecanismo de aprender da criança é sua capacidade de reestruturar-se mentalmente buscando um novo equilíbrio (novos esquemas e assimilação para adaptar-se à nova situação). O ensino deve, portanto, activar este mecanismo. (p. 103)

Uma outra implicação da teoria de Piaget para o ensino tem a ver com o facto de este não dever ser simplesmente expositivo, mas antes acompanhado, tanto quanto possível, de acções e demonstrações, dando oportunidade ao aluno de agir no sentido do trabalho prático (idem). Neste contexto, o papel do professor é indispensável para este tipo de ensino, e, neste caso particular, deve ser o de orientador na tomada de consciência das questões centrais (Piaget, 1977).

O desenvolvimento cognitivo ocorre essencialmente devido à actividade do sujeito no meio e dos seus processos psicológicos como a maturação, a experiência física, social, lógico-matemática e a equilibração.

#### 2.3.2.1. Algumas críticas à teoria de Piaget

Alguns investigadores posteriores a Piaget, como, por exemplo, Novak (2000), realizaram estudos que vieram a pôr em causa algumas das ideias do psicólogo relacionadas com os estádios de desenvolvimento. Novak (2000) descreve uma pesquisa efectuada com jovens com idades de 12 e 17 anos, e cujos resultados mostram que as diferenças de desempenho entre estes dois tipos de alunos não são significativas. Note-se que os primeiros jovens (12 anos) encontravam-se no 7º ano de escolaridade e, segundo Piaget, estariam no estágio operacional-concreto, e os segundos (17 anos) no 12º ano de escolaridade, logo deveriam estar há muito no estágio operacional-formal, possuindo, portanto, características distintas.

Novak considera as ideias de Vygotsky mais eficazes para os educadores do que as de Piaget, porque, segundo aquele autor, a aprendizagem, embora relacionada com o desenvolvimento da criança, não é realizada em igual medida ou em paralelo. Além disso, é com a teoria de aprendizagem de Ausubel que se encontra uma maior eficácia e relevância para a compreensão de melhores formas de educar (Novak, 2000).

Ainda hoje muitos educadores adoptam os estádios de Piaget para explicarem o facto de muitos alunos não conseguirem apreender, nem reter ideias consideradas válidas no espaço escolar. A falta de adequação da prontidão do desenvolvimento dos alunos tem sido utilizada como bode expiatório para justificar situações que poderiam ser melhor explicadas por má preparação instrucional (Novak, 2000).

#### 2.3.2.2 Relação entre alguns aspectos da teoria de Piaget e da teoria de Ausubel

Tanto Ausubel como Piaget afirmam que aquilo que as crianças são capazes de aprender depende, pelo menos em parte, do que têm dentro da sua cabeça, assim como do contexto de aprendizagem em que se encontram inseridas. A informação é armazenada na memória de várias formas, e todas as actuações dependem dos elementos dessa informação. Esses elementos influenciam a forma como uma pessoa se pode comportar e interagir com o meio envolvente.

Consequentemente, a forma como uma nova informação é assimilada depende não só da natureza da informação como da estrutura dos esquemas do sujeito. Relativamente às diferenças individuais, as conexões estabelecidas entre a informação adquirida e a informação já armazenada têm escassas hipóteses de serem as mesmas de um sujeito para outro. Porém, existem alguns padrões gerais nos tipos de ideias que as crianças de diferentes idades tendem a usar, o que permite alguma actuação a nível educativo.

Embora se considere que os esquemas de Piaget e os subsunçores de Ausubel não são a mesma coisa, Moreira (1998) estabelece uma analogia entre eles. A este propósito afirma:

quando o material de aprendizagem não é potencialmente significativo (...) não é possível a aprendizagem significativa. De maneira análoga, quando o desequilíbrio cognitivo gerado pela experiência não-assimilável é muito grande, não ocorre a acomodação. Tanto em um caso como no outro a mente fica como estava; do ponto de vista ausubeliano não foram modificados os subsunçores existentes e do piagetiano não foram construídos novos esquemas de assimilação. (p. 84)

Um outro aspecto importante comparativo da teoria ausubeliana e da teoria piagetiana tem a ver com a utilização do termo assimilação, que difere em ambos. Assim, em primeiro lugar, no sentido ausubeliano, o novo conhecimento interage com conceitos ou proposições relevantes da estrutura cognitiva e não com a estrutura como um todo, embora de alguma forma se possa considerar toda a sua envolvimento, uma vez que esses conceitos ou proposições constituem parte dessa estrutura cognitiva. Em segundo lugar, a assimilação não ocorre como resultado de períodos de desenvolvimento cognitivo, mas de uma diferenciação crescente e respectiva integração de conceitos específicos relevantes da estrutura cognitiva, resultantes de uma aprendizagem significativa.

Acima de tudo, Ausubel e Novak consideram que a capacidade de raciocínio geral varia em função da adequação do quadro conceptual que possuímos num determinado domínio específico do conhecimento. Pelo contrário, Piaget considera a capacidade de raciocínio geral correspondente a cada uma das etapas de desenvolvimento cognitivo. Não nega que os formandos mais velhos, comparados com os mais novos, tenham melhores quadros de conhecimento, tanto a nível qualitativo como quantitativo, e um maior domínio de conhecimento, porém, estudos realizados e citados por Novak (2000) revelaram que algumas crianças mais jovens chegam a adquirir quadros conceptuais vastos e complexos, em determinadas áreas, ultrapassando mesmo as capacidades de raciocínio das mais velhas.

Apesar das diferenças entre as duas teorias, Novak afirma a existência de algumas semelhanças entre as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integradora de Ausubel e as ideias de assimilação, acomodação e equilibração de Piaget. Tanto um como outro consideram o desenvolvimento cognitivo como um processo dinâmico que ocorre ao longo dos anos, sendo a estrutura cognitiva alterada pela idade e experiência.

### 2.3.3 O construtivismo de Vygotsky

Vygotsky (1994) apresenta três posições teóricas alusivas à relação entre desenvolvimento e aprendizagem. Duas delas são contraditórias, já que, uma considera que os processos de desenvolvimento são independentes da aprendizagem, sendo incluída nesta categoria a teoria de Piaget, a outra defende, pelo contrário, que a aprendizagem constitui o próprio desenvolvimento. No primeiro caso, a aprendizagem segue sempre o desenvolvimento, no segundo os dois processos ocorrem simultaneamente, “de modo a que cada etapa da aprendizagem corresponda uma etapa do desenvolvimento” (Vygotsky, 1991, p. 34). Neste caso, aprendizagem e desenvolvimento são comparados a duas figuras geométricas idênticas que, quando sobrepostas, coincidem. Os dois processos exercem influências recíprocas um sobre o outro. Assim, “a criança aprende porque atingiu determinado desenvolvimento, mas, ao aprender, desenvolve-se ainda mais” (Tavares e Alarcão, 1992, p. 88). A figura 7 ilustra esta posição. As cruzes marcadas na figura indicam níveis de desenvolvimento e de aprendizagem. Entre estes dois níveis existe um processo dinâmico, dialéctico que é representado pelas curvas e pelas setas.

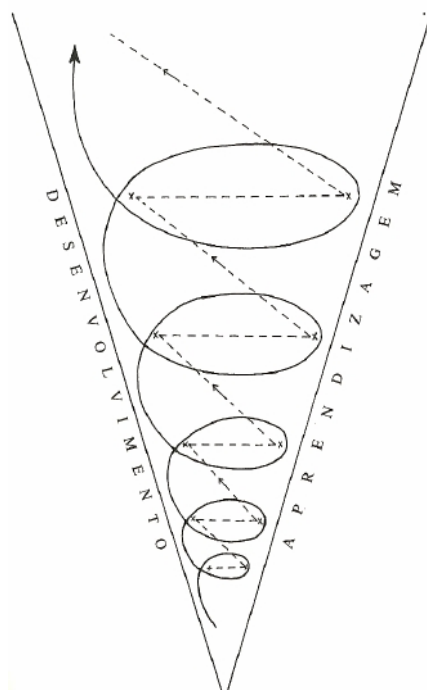


Figura 7 - Aprendizagem e desenvolvimento (Tavares e Alarcão, 1992).

A terceira posição teórica corresponde às teorias dualistas, segundo as quais o processo de desenvolvimento acompanha o da aprendizagem, sendo no entanto, de natureza distinta.

Vygotsky (1994) considera a teoria de Koffka como sendo ilustrativa desta última categoria. As observações registadas por Koffka sugerem-lhe que o processo de maturação prepara e torna possível um processo específico de aprendizagem, enquanto que o processo de aprendizagem estimula o processo de maturação, fazendo-o evoluir.

Essa ênfase conduz-nos ao problema da disciplina formal e ao problema da transferência. Cada disciplina do currículo tem uma determinada importância no desenvolvimento mental geral da criança e, por outro lado, o docente deve pensar e agir na base da teoria de que o espírito da criança é composto por um conjunto de capacidades. Estas são, particularmente, a capacidade de observação, de atenção, de memória, de raciocínio e outras, cujo melhoramento de qualquer uma delas significa o melhoramento de todas em geral.

A criança, ao aprender a realizar determinada operação, apodera-se simultaneamente de um princípio estrutural cuja esfera de aplicação é outra que não unicamente a das operações do tipo daquela utilizada como base para assimilação do princípio. A figura 8 representa a relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento: a criança, ao avançar um passo à frente no campo da aprendizagem, dá dois no campo do desenvolvimento.



Figura 8- Aprendizagem e desenvolvimento segundo a teoria dualista.

O psicólogo russo afirma que embora rejeite as três posições teóricas anteriormente apresentadas, considera que a sua análise o conduz a uma visão mais adequada da relação entre desenvolvimento e aprendizagem, levando-o a construir “uma nova e melhor solução para o problema” (Vygotsky, 1991, p. 39). Sendo assim, este investigador propõe-nos uma alternativa que designou por Teoria da Área de Desenvolvimento Potencial ou Proximal.

Vygotsky toma como ponto de partida o facto de que a aprendizagem das crianças inicia-se muito antes destas entrarem na instituição escolar. De facto, considera-se que toda a aprendizagem da criança na escola tem, desde já, uma pré-história, que é necessário ter em conta. Deste modo, Vygotsky afirma que, “antes de mais, devemos compreender a relação entre aprendizagem e desenvolvimento em geral e depois as características específicas desta inter-relação na idade escolar” (citado por Luria et al., 1991, p. 41).

Assim, o autor considera a existência de dois tipos de desenvolvimento intelectual da criança: um nível de desenvolvimento efectivo e uma área de desenvolvimento potencial. Sem o seu reconhecimento “não se conseguirá encontrar a relação entre desenvolvimento e capacidade potencial de aprendizagem em cada caso específico” (Vygotsky, 1991, p. 42).

Quando duas crianças resolvem da mesma maneira um determinado teste, por si mesmas, estabelecemos para ambas a mesma idade mental e dizemos que ambas estão no mesmo nível de desenvolvimento efectivo. Este corresponde ao “nível de desenvolvimento das funções psico-intelectuais da criança que se conseguiu como resultado de um específico processo de desenvolvimento, já realizado” (Vygotsky, 1991, p. 42). Porém, a indicação deste nível de desenvolvimento efectivo não reflecte o estado real do desenvolvimento da criança. O verdadeiro “estado de desenvolvimento de uma criança só pode ser determinado se forem revelados os seus dois níveis: o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal” (Vygotsky, 1994, p. 113).

Se submetermos duas crianças a um conjunto de provas e estabelecermos para elas a idade mental de 7 anos, uma delas pode resolver com mais sucesso provas posteriores, com o auxílio de perguntas-guias, exemplos e demonstrações. Isto significa que uma delas tem um maior desenvolvimento potencial. Este desenvolvimento corresponde ao que uma criança é capaz de fazer com o auxílio dos adultos. Com o apoio deste método de ajuda, o docente pode retirar informações não apenas referentes ao processo de desenvolvimento do momento da criança, como os processos de maturação que já se produziram, assim como os processos que estão ocorrendo e que a cada momento se desenvolvem.



Aquilo que uma criança, hoje pode fazer com a ajuda dos adultos, amanhã poderá fazê-lo sozinha (Vygotsky, 1991). Graças à interacção e à ajuda dos outros, a criança pode trabalhar ou realizar uma tarefa de uma maneira e com um nível que não seria capaz de atingir individualmente. Por meio deste processo, os alunos podem ir modificando os seus esquemas de conhecimento e os seus significados e sentidos, e podem ir adquirindo mais possibilidades de actuação autónoma e uso independente de tais esquemas perante situações e tarefas novas, cada vez mais complexas.

Vygotsky evidencia que é precisamente ao nível do desenvolvimento potencial que um ensino bem orientado poderá contribuir para o desenvolvimento mental e, consequentemente, para o bom sucesso futuro na escola e na vida activa.

Esta ideia é muito importante, na medida em que altera a tradicional concepção da orientação pedagógica desejável, quando identificado o diagnóstico: “com o auxílio dos testes pretendemos determinar o nível de desenvolvimento psico-intelectual da criança, que o educador deve considerar como um limite não superável por ela” Vygotsky (1994, p. 44). Ora, este tipo de método pressupõe que o ensino deve orientar-se tendo como referência o desenvolvimento já produzido.

Como Vygotsky (1991) diz

um ensino orientado até uma etapa de desenvolvimento já realizado é ineficaz sob o ponto de vista do desenvolvimento geral da criança, não é capaz de dirigir o processo de desenvolvimento, mas vai atrás dele. A teoria do âmbito do desenvolvimento potencial origina uma fórmula que contradiz exactamente a orientação tradicional: o único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento. (pp. 44-45)

A aprendizagem e o desenvolvimento intelectual da criança estão ligados entre si, embora não se produzam de modo simétrico e paralelo: “o processo de desenvolvimento não coincide com o da aprendizagem, o processo de desenvolvimento segue o da aprendizagem, que cria área de desenvolvimento potencial” (Vygotsky, 1991, p. 49).

Entre estes dois processos existe uma dependência recíproca, complexa e dinâmica, onde a “aprendizagem escolar orienta e estimula processos internos de desenvolvimento” (Vygotsky, 1991, p. 49). Esta estimulação não poderia produzir-se sem a aprendizagem.

Neste processo é fundamental o papel da acção educativa, que deve estar atenta ao aparecimento e desaparecimento das linhas internas de desenvolvimento, durante a aprendizagem escolar. A aprendizagem tem como característica principal a de promover a área de desenvolvimento potencial, na medida em que faz desenvolver na criança processos internos de desenvolvimento que, na continuação, são absorvidos e convertidos em aquisições internas do sujeito.

Um outro aspecto importante da teoria de Vygotsky tem a ver com o princípio básico que explica o desenvolvimento cognitivo. Diferentemente de Piaget, que considera a equilibração como factor principal que explica o desenvolvimento cognitivo, Vygotsky parte do princípio que esse desenvolvimento só poderá ser compreendido se atendermos ao contexto social, histórico e cultural em que o mesmo ocorre. Mas o meio social é mais do que uma variável importante no desenvolvimento cognitivo. Na verdade, para Vygotsky “o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais” (Moreira, 1998, p. 90).

Esta conversão ocorre de uma forma indirecta, sendo mediada por instrumentos e signos. Instrumento é algo que se utiliza para fazer alguma coisa; signo é algo que significa alguma outra coisa. Como exemplos de signos, temos a expressão oral e escrita e a matemática. A linguagem, nomeadamente a oral, é considerada por Vygotsky a mais importante, uma vez que liberta a criança dos vínculos contextuais imediatos (Moreira, 1995).

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo ocorre através da reconstrução interna que o sujeito faz dos instrumentos e signos que adquire via interacção social, que por sua vez resultam das construções sociohistóricas e culturais.

Para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer sujeito é fundamental a interacção social. Vygotsky não considera o indivíduo como unidade de estudo, como, por exemplo, o faziam os cognitivistas Piaget e Ausubel. Como afirma Moreira (1995): “a unidade de análise não é nem o indivíduo nem o contexto, mas a interacção entre eles” (p. 112). Na perspectiva vygotskyana, a origem dos processos de aprendizagem e desenvolvimento

humano está na interacção social, constituindo, para o psicólogo, essa interacção “o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento construído social, histórica e culturalmente” (Moreira, 1995, p. 112). Por outro lado, ao encarar a aprendizagem como um processo profundamente social, Vygotsky dá ênfase à necessidade de diálogo e cooperação com os outros.

Esta ideia está por detrás da educação da ciência no contexto CTSA, uma vez que, por um lado, esta abordagem implica metodologias activas, em que os alunos são levados a interagir entre si e com outros elementos da sociedade, e por outro, mostra aos alunos o poder e o valor do conhecimento, já que eles precisam de informação básica que lhes permita compreender as questões e os problemas que lhes são colocados no dia-a-dia.

#### 2.3.3.1 Comparação da teoria de Vygotsky com a teoria de Ausubel

De acordo com Moreira (1998), tem sentido falar em interacção social vygotskyana numa perspectiva ausebeliana relativa à aprendizagem. A aprendizagem significativa envolve a aquisição/construção de significados pelo sujeito. Nesse processo, o significado lógico dos materiais de aprendizagem transforma-se em significado psicológico para o sujeito aprendente (Ausubel, 1968). Esta transformação poderia corresponder à internalização de instrumentos e signos de Vygotsk, que, no fundo, são os materiais utilizados na aprendizagem. Por exemplo, aprender significativamente Física seria internalizar os significados aceites e construídos com base em instrumentos e signos no contexto da física. Essa internalização socialmente construída constitui uma reconstrução interna da mente do sujeito (Moreira, 1998).

Segundo este mesmo autor, a atribuição de significados às novas informações por interacção com significados estáveis e diferenciados já existentes na estrutura cognitiva, como acontece na aprendizagem subordinada, envolve uma negociação de significados tipicamente vygotskyana.

Para Vygotsky é a procura de congruência de significados que se tenta atingir no ensino. Na interacção social, que deve caracterizar o ensino, o professor apresenta ao aluno significados que socialmente foram aceites, no contexto de determinado conteúdo programático. Ora, o aluno deve “devolver” ao professor o significado que adquiriu. Neste contexto, “o ensino se consoma quando aluno e professor partilham significados” (Moreira, 1999, p. 120).

Esta visão de ensino, onde se procura a congruência de significados, é defendida igualmente por Gowin, que para além disso, também realça o ensino como um acto social (Moreira, 1995). Os aspectos ligados à teoria de Gowin serão mais tarde desenvolvidos.

Actualmente, verifica-se uma redescoberta do trabalho de Vygotsky, talvez porque a sua visão se aproxime mais da epistemologia construtivista contemporânea do que a teoria de desenvolvimento de Piaget.

#### 2.4 Os construtos pessoais de Kelly

Em 1955, George Kelly escreveu a obra *The Psychology of Personal Constructs* onde defendeu a ideia de que cada ser humano constrói e reconstrói o seu conhecimento sobre o mundo através da observação, interpretação, previsão e controlo da realidade (Valadares, 1995).

Ao longo do tempo, o homem progride na tentativa de controlar o fluxo de acontecimentos no qual está inserido e não em função de necessidades básicas. Nessa tentativa, o sujeito vê o mundo através de moldes, padrões - constructos - que ele desenvolve e que utiliza para descrever experiências e para prever acontecimentos (construção da teoria), tentando, igualmente, ajustar os construtos às realidades do mundo que o rodeia. A este propósito, explicita Kelly (1991), “considero constructo uma representação do universo, uma representação elaborada por uma criatura viva e que foi testada na realidade do seu universo” (p. 9).

A teoria de Kelly tem por base a metáfora “o-homem-o-cientista”, tomando-se aqui por cientista toda a espécie humana e não apenas um grupo de sujeitos que adquiriram o estatuto de “cientistas”. A motivação da actividade humana é, tal como no caso dos cientistas, “prever e controlar” os acontecimentos (Thomaz, 1987). Como menciona Kelly (1991) “é o futuro que atormenta o homem, não o passado”.

Relativamente ao sistema de desenvolvimento desses constructos, Moreira (1998) afirma:

o sistema de construção de uma pessoa é um agrupamento hierárquico de construtos (...). Em princípio, o sistema de construção de uma pessoa está aberto à mudança. É nessa possível mudança no sistema de construção que está o conceito kellyano de aprendizagem. Sem os construtos pessoais, o mundo pareceria uma homogeneidade indiferenciada, à qual o ser humano não conseguiria atribuir sentido. (Moreira, 1998, p. 85)

Este mesmo autor descreve o papel importante que tem o conhecimento anterior na aquisição do novo conhecimento. A aprendizagem prévia acaba por ser um conjunto de constructos pessoais, que influenciam a forma como a pessoa pensa ou responde perante uma nova experiência.

Kelly admite (tal como Kant) que o mundo tem existência real, assim como têm também existência real os pensamentos dos indivíduos que o tentam não apenas compreender como prever e controlar. Contudo, a correspondência entre esses pensamentos e o mundo, tal como ele é, será sempre imperfeita, apesar de estar em contínua e progressiva transformação e sempre aberta à mudança (Moreira, 1997). Daí que possam existir várias construções alternativas que podem explicar o mundo. Tal alternativismo rejeita a existência de verdades absolutas. Assim,

este alternativismo constructivo não significa indiferença construtiva, não quer dizer que é indiferente o sistema de construção que a pessoa escolhe para interpretar o universo. Algumas construções alternativas são melhores do que outras e algumas são definitivamente pobres. (Moreira, 1997, p. 5)

As ideias de Kelly reservam, assim, para o homem um protagonismo activo e motivado. O indivíduo actua perante o universo e o meio que o rodeia, não sendo um mero espectador passivo, uma vez que ocorre nele uma actividade cognitiva que implica construção, previsão e validação prática.

As construções, embora individuais e idiossincráticas, podem ser partilhadas com os outros, desde o momento em que se pertence à mesma sociedade, e a uma determinada cultura, em que os significados se negoceiam e acordam, sendo esta a base da interacção social e da vida em comunidade (Moreira, 1997).

Na óptica de constructos pessoais, Kelly (1991) elabora uma teoria formal constituída por um postulado e onze corolários. O postulado diz respeito à conduta da pessoa que no momento actual é determinada pelo modo como ela antecipa acontecimentos. Esta antevisão implica constructos pessoais, uma vez que a pessoa prevê eventos construindo réplicas deles – corolário da construção. Outros quatro corolários enunciados por Kelly (1991), importantes para tentar interpretar a aprendizagem significativa à luz da sua teoria, são:

- o corolário da individualidade – “os indivíduos diferem uns dos outros na forma como constroem os eventos” (p. 38);
- o corolário da experiência – a pessoa reconstrói os seus constructos no sentido de melhorar as antecipações de eventos. Esta reconstrução surge quando ela confronta réplicas de eventos com as realidades do universo;
- o corolário da organização – “é pessoal o sistema hierárquico na base do qual os constructos são organizados” (p. 39);
- o corolário da fragmentação – os novos construtos não são forçosamente derivações ou casos especiais de constructos já existentes, podem ser outros e ser testados sem necessariamente rejeitar constructos anteriores.

Quando aplicadas a um contexto educacional, as ideias de George Kelly proporcionam “uma base para um sistema educativo em que os estilos individuais de aprendizagem são importantes e em que a investigação é conduzida na perspectiva da pessoa” (Thomaz, 1987, p. 128). O papel do professor será o de facilitador do desenvolvimento humano (idem).

Embora os constructos de Kelly e os subsunçores de Ausubel não sejam a mesma coisa, pode-se, no entanto, estabelecer uma analogia entre eles. De facto,

a estrutura cognitiva para Ausubel é uma organização hierárquica de subsunçores, enquanto o sistema de construção de Kelly é uma estrutura hierárquica de construtos. Nenhuma das duas é estática, ambas estão abertas à mudança, à reconstrução, e estas implicam aprendizagem. Assim como há conceitos subsunçores subordinados e superordenados, há, igualmente, constructos subordinados e superordenados. (Moreira, 1998, p. 88)

A teoria de Kelly é, segundo ele mesmo, uma teoria da personalidade, e não uma teoria da aprendizagem. Porém, existe um paralelismo entre a sua teoria e a aprendizagem significativa, conforme explicita Moreira (1998),

o conceito kellyano de aprendizagem está na possível mudança nos construtos ou no sistema de construção. A aprendizagem significativa estaria intimamente vinculada à edificação de construtos. (...) (Por exemplo) se fosse necessário reformular o sistema de construção, reorganizando os construtos, alterando a hierarquia de construtos, seria o caso de uma aprendizagem superordenada (...) Na ausência de subsunçores apropriados, a aprendizagem não pode ser significativa, e o aprendiz não pode atribuir significados às novas informações. Em linguagem kellyana, a impossibilidade de aprendizagem significativa corresponderia à incapacidade de atribuir sentido a eventos ou objectos por falta de construtos pessoais adequados. (pp. 89-90)

## 2.5 O construtivismo de Ausubel e o construtivismo humano de Novak

A teoria de Ausubel centra-se, essencialmente, na aprendizagem cognitiva e na aquisição de conceitos e de proposições, com implicações, particularmente, na aprendizagem afectiva e motora. Parte da ideia central de que, de todos os factores que influenciam a aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe. Assim, o professor, antes de ensinar alguma coisa, deve averiguar o que o discente já sabe, e ensinar em conformidade.

Na teoria de aprendizagem de Ausubel, e também na de Novak, o conceito-chave no processo educativo é o de aprendizagem significativa. Esta, como diz Ausubel, é “o mecanismo humano por excelência para a aquisição e o armazenamento da vasta quantidade de ideias e de informações representadas por qualquer área de conhecimento” (Ausubel, 2003, p. 81). A aprendizagem significativa “é um processo em que as novas informações estão relacionadas com um aspecto relevante existente na estrutura de conhecimentos de um indivíduo” (Novak, 2000, p. 51). O aluno só aprenderá de um modo significativo se existir uma incorporação substantiva, não literal, não arbitrária, de novas

ideias às que já tem na sua estrutura cognitiva (Ausubel, 1968). É essencialmente neste carácter não literal, não arbitrário, da relação da tarefa de aprendizagem com a estrutura cognitiva que reside a eficiência da aprendizagem significativa, como mecanismo de transformação e armazenamento de informação (Ausubel, 2003).

Os conhecimentos adquiridos são interiorizados, passando a fazer parte da estrutura cognitiva e alterando alguns dos conceitos aí existentes, concretamente aqueles com que se relacionaram. A estas ideias preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende, e com as quais os novos conhecimentos interagem, Ausubel chamou subsumers (subsunçores). Estes podem ser, por exemplo, imagens, símbolos, conceitos ou proposições já significativas (Ausubel, 1968), sendo capazes de servir de ancoradouro a novas informações, de modo que estas adquiram significado para o aluno (Moreira, 1999). O papel fundamental dos subsunçores na aquisição de novas informações também é realçado por Novak (2000): os subsunçores não são “uma espécie de papel mata-moscas mental, ao qual se pegam as informações” (Novak, 2000, p. 59), eles possuem, sim, um papel interactivo, “facilitando a passagem de informações relevantes, através de barreiras preceptivas, e fornecendo uma base para a ligação entre as informações recentemente apreendidas e os conhecimentos anteriormente adquiridos” (Novak, 2000, p. 59).

Novak (2000), partilhando as ideias de Ausubel, defende a aprendizagem, nomeadamente a significativa. Contudo, enquanto Ausubel enfatiza a construção cognitiva por meio da aprendizagem significativa, Novak assume que a aprendizagem significativa ocorre como resultante da interacção entre três domínios: o pensamento (conhecimento), o sentimento (afecto), e a acção (motora ou psicomotora), que conduz ao que Novak chama enriquecimento humano. Estes três domínios da aprendizagem, distintos mas interactivos entre si, estão relacionados, como se indica na figura 9.



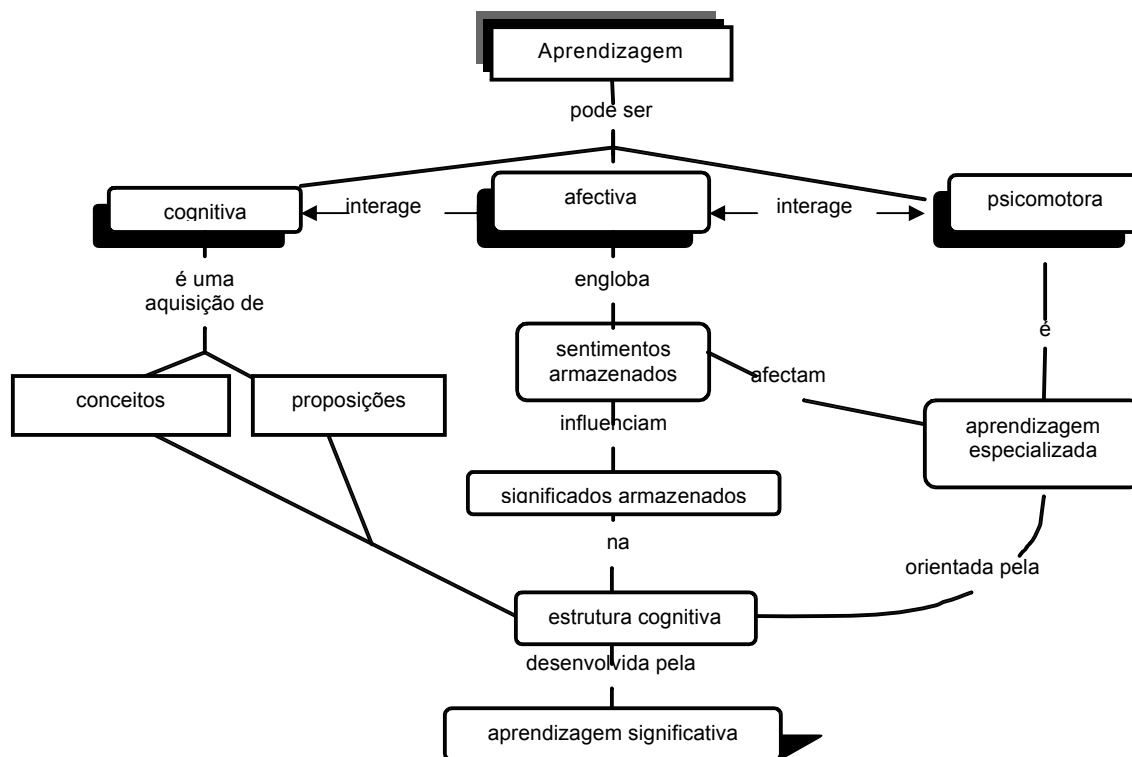


Figura 9 – Factores que interferem na aprendizagem significativa (Novak, 2000, p. 26).

Partindo da ideia de que os seres humanos pensam, sentem e agem, Novak considera que uma teoria da educação deve ter em conta cinco elementos: formando (alguém) que aprende algo (conhecimento), interagindo (trocando significados) com alguém (professor, colegas ou com alguma coisa como, por exemplo, um livro, um programa de computador, etc.) em determinado contexto (numa instituição escolar, na sociedade ou em qualquer outro), sujeito a uma avaliação. O pensador apresenta, através de um mapa conceptual, os cinco elementos envolvidos na educação. Todos estes elementos estão presentes num acto educativo, interagindo, para construírem ou reconstruírem o significado das experiências que se pode tornar capacitadora ou incapacitadora (figura 10).

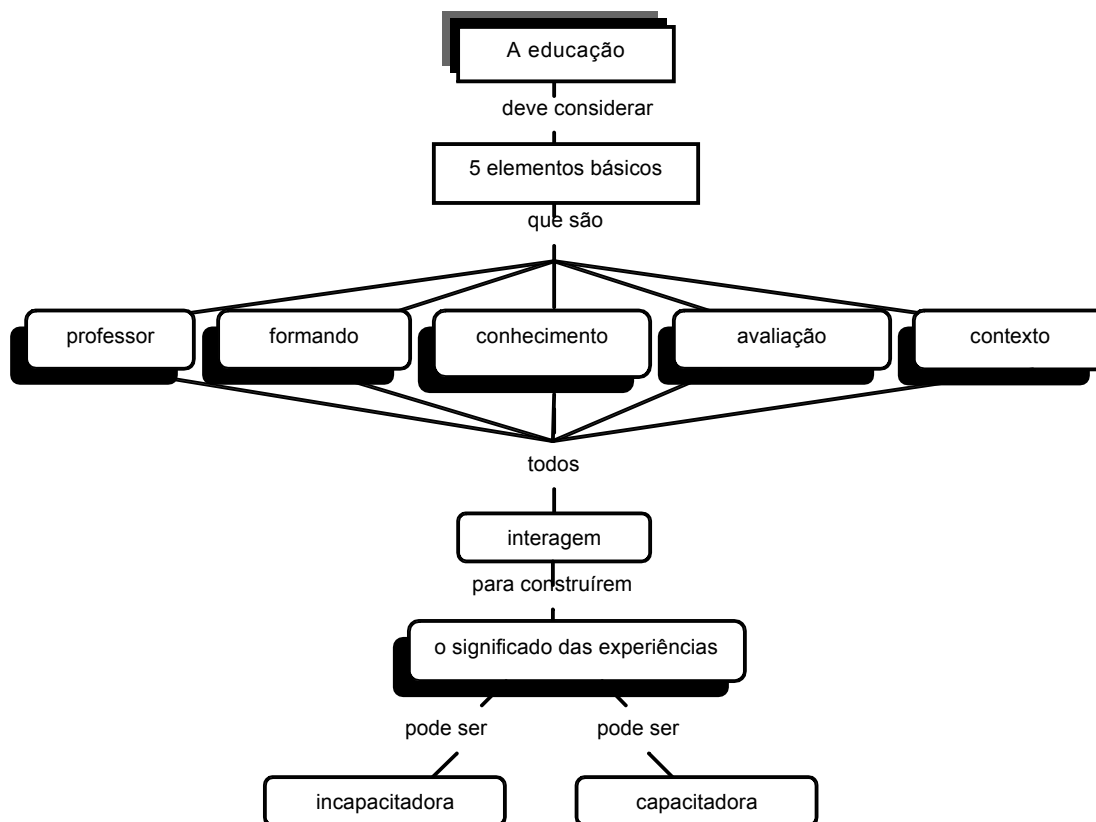


Figura 10 - Os cinco elementos da educação (Novak, 2000, p. 11).

Segundo Novak (2000), “o objectivo da educação será o de capacitar os formandos para serem responsáveis pela própria construção de significados” (p. 9). Essa construção envolve os três domínios anteriormente referidos e todos eles devem ser integrados especialmente na criação de novos conhecimentos e na nova aprendizagem significativa. Na sua linha mais simples, a teoria da educação do autor “determina que a aprendizagem significativa está subjacente à integração construtiva do pensamento, sentimento e acções, levando à capacitação humana de compromisso e de responsabilidade” (Novak, 2000, p. 13).

O pensador acrescenta ainda a existência de dois aspectos fundamentais a ter em conta na interacção construtiva entre alunos e professores. São eles: a autenticidade e a honestidade. Estes revelam-se indispensáveis para a construção da confiança que é preciso existir entre eles, no sentido de poderem partilhar e desenvolver significados.

Novak (2000) menciona que os significados assimilados pelo ser humano, de certo modo, variam entre todas as pessoas, uma vez que resultam de um produto de experiências pessoais e idiossincráticas. O autor, através de um mapa conceitual, revela os factores que se encontram implicitamente nesses significados (figura 11).

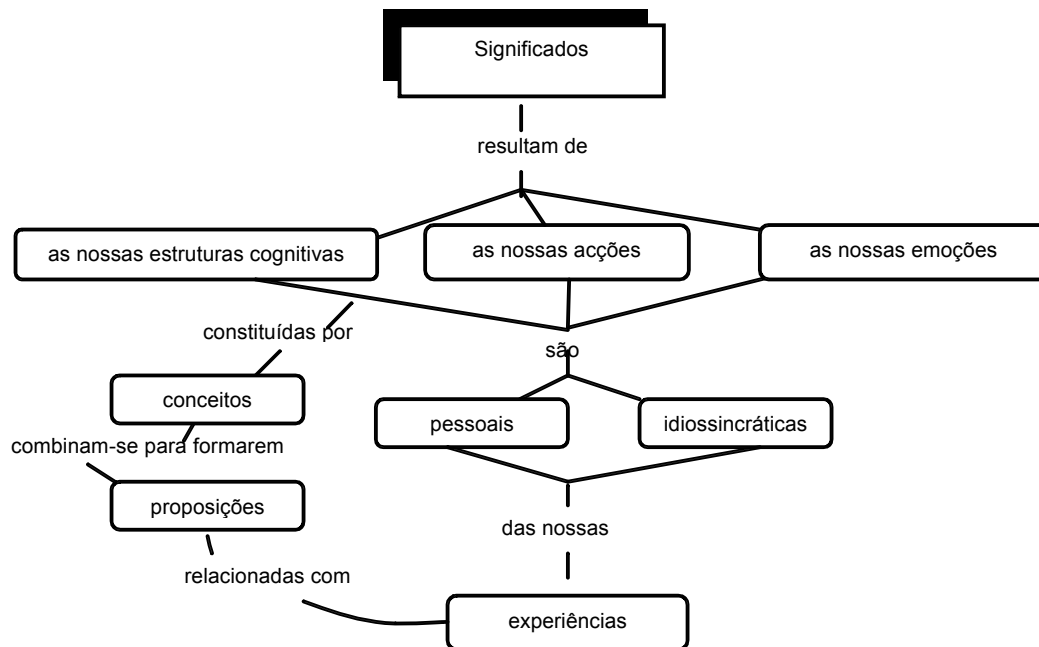


Figura 11 – Significados assimilados pelo ser humano (adaptado de Novak, 2000, p. 36).

### 2.5.1 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa

Para Ausubel, a verdadeira aprendizagem significativa pressupõe a existência:

- de conhecimentos anteriores e relevantes do sujeito, cujas informações estão armazenadas em determinadas regiões do cérebro;
- de material de instrução potencialmente significativo, isto é, material que possa ser relacionável com a estrutura;
- no aprendiz, de um mecanismo de aprendizagem significativo, ou seja, uma disposição para relacionar o novo material a ser aprendido de forma não arbitrária e não literal com a própria estrutura cognitiva.

Novak (2000), apoiando-se na teoria de Ausubel, elaborou um mapa conceptual referente aos três requisitos da aprendizagem significativa.

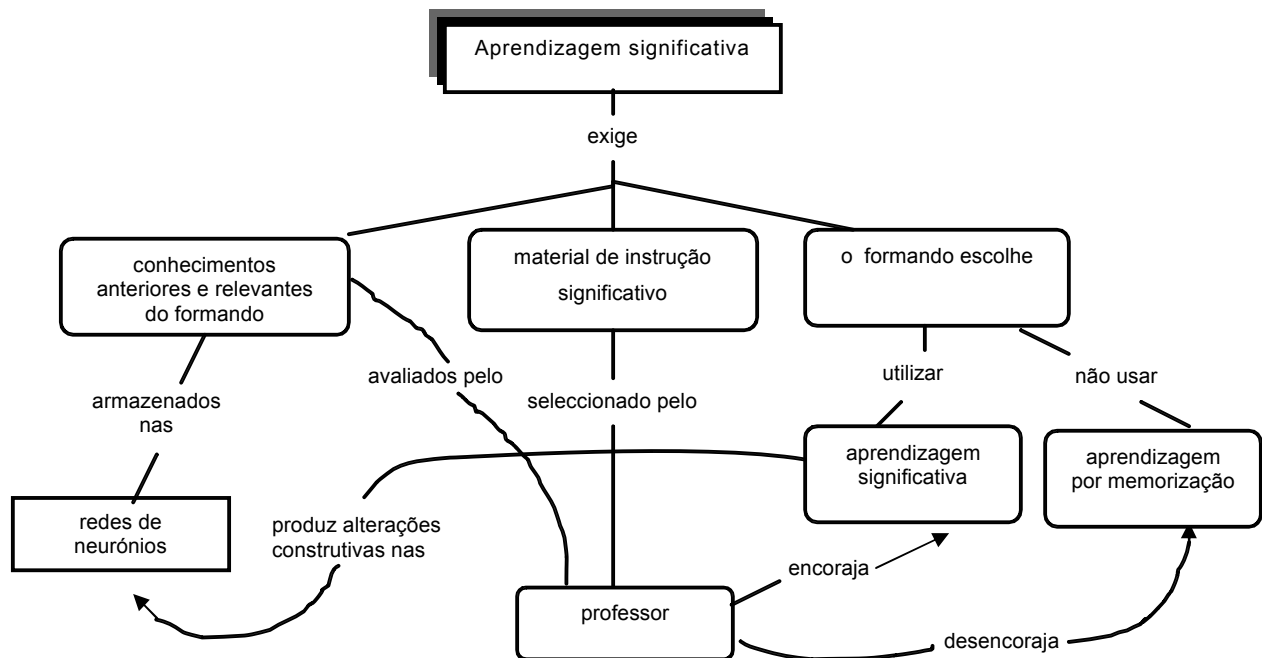


Figura 12 – Requisitos da aprendizagem significativa (Novak, 2000, p. 53).

Saliente-se que a predisposição que o formando tem de ter para aprender está intimamente relacionada com a experiência afectiva que ele tem no acto educativo. A hipótese de Novak (2000) é que, se a experiência afectiva for positiva, ela irá conduzir a uma desejada construção intelectual e o formando ganhará uma maior compreensão de um segmento do conhecimento ou experiência; caso contrário, se a experiência afectiva for negativa, gerará sentimentos de inadequação e o formando sentirá que não está a apreender o novo conhecimento. Novak diz que, só “quando o formando e o professor têm êxito na negociação e na partilha do significado de uma unidade de conhecimento, é que ocorre a aprendizagem significativa” (2000, p. 13).

Já para Ausubel, o facto do material de aprendizagem ser potencialmente significativo depende mais da estrutura cognitiva particular do sujeito que aprende do que da sua própria natureza.

Como afirma Ausubel (2003): “o surgimento de significado psicológico não só depende da apresentação de material logicamente significativo ao aprendiz, como também da posse real por parte deste do conjunto de ideias passadas necessário para o subsumir e ancorar” (p. 78).

O aluno deve dispor de subsunçores específicos, com os quais poderá relacionar o novo material, de modo a poder transformar o significado lógico em significado psicológico, ou seja, num conteúdo idiossincrático diferenciado. Por conseguinte, acrescenta Ausubel (2003):

quanto mais idiossincrático um significado for, mais minuciosamente reflecte as qualidades únicas da estrutura de conhecimentos do aprendiz particular e, logo, mais idiossincraticamente este as reformula e incorpora no próprio quadro ideário único de referência e de uso da linguagem. (p. 78)

O autor chama a atenção para o facto de que é necessário ter em conta que as ideias percebidas pelos eruditos de uma determinada disciplina poderão ser diferentes das ideias idiossincráticas adquiridas por um aprendiz dessa mesma área, e estas, por sua vez, diferirem de estudante para estudante. Eis, a este propósito, as próprias palavras do psicólogo:

não se deve esquecer (...) que, além dos conjuntos organizados de conhecimentos que representam a sabedoria colectiva registada de reconhecidos eruditos em determinadas áreas, existem estruturas psicológicas de conhecimentos correspondentes, representadas pela organização de ideias interiorizadas no intelecto de estudantes individuais – ideias com graus variáveis quer de maturidade cognitiva, quer de sofisticação de matérias nestas mesmas disciplinas. Por outras palavras, estou a fazer, por um lado, uma distinção entre a organização formal de conteúdo de matérias de uma determinada disciplina, tal como apresentadas em declarações oficiais de manuais e monografias geralmente aceites, e, por outro, a representação organizada e interiorizada destes conhecimentos nas estruturas de memória de determinados indivíduos, especialmente de estudantes. (Ausubel, 1964, in Ausubel, 2003, p. 80)

Isto pode conduzir a que os conteúdos programáticos de ensino possam ter, para os alunos, apenas significado lógico. Por outro lado, apesar do significado psicológico ser um fenómeno marcadamente idiossincrático, não se exclui a possibilidade de significados sociais ou partilhados. Neste sentido, Ausubel (2003) afirma que “os vários significados individuais que os diferentes membros de uma determinada cultura atribuem aos mesmos conceitos e proposições são, no geral, suficientemente semelhantes para permitirem uma comunicação e uma compreensão interpessoal” (p. 78).

O psicólogo chama ainda a atenção para o papel da motivação na aprendizagem significativa. O facto de ela poder facilitar significativamente a aprendizagem presente no processo educativo não significa que seja uma condição indispensável ao processo de aprendizagem, especialmente no caso da aprendizagem limitada e a curto prazo. Porém, no caso de uma aprendizagem constante e a longo prazo, ela é absolutamente essencial. Os alunos apontam muitas vezes a desmotivação a uma determinada disciplina como principal razão para perderem o interesse pela mesma.

Ausubel (2003) considera a relação causal entre motivação e aprendizagem como sendo, de um modo geral, recíproca. Sendo assim, seja por este motivo, seja pelo facto de a motivação não ser uma condição indispensável da aprendizagem, o investigador não vê a necessidade de adiar actividades de aprendizagem enquanto não se desenvolverem interesses e motivações apropriados nos alunos. Antes pelo contrário, defende a ideia de que a “melhor forma de se ensinarem estudantes desmotivados é ignorar a falta de motivação dos mesmos, nessa altura, e concentrar-se em ensiná-los tão eficazmente quanto possível, em termos cognitivos” (Ausubel, 2003, p. 199). Apesar da falta de motivação e de satisfação inicial na aprendizagem, os alunos desenvolverão, de forma retroactiva, a motivação para aprenderem mais. Consequentemente, na perspectiva ausubeliana, em algumas situações educacionais, os professores ao procurarem motivar os alunos para a aprendizagem, devem concentrar os seus esforços não nos aspectos motivacionais da mesma mas nos aspectos cognitivos do aluno e apoiar-se na motivação que se desenvolve, de forma retroactiva, a partir do acto educativo bem sucedido para estimular mais aprendizagens.

O psicólogo considera, ainda, que a motivação pode ser facilitada, caso exista um aumento da atenção do sujeito sobre a matéria. “A incapacidade de se verificar para que serve uma disciplina é a razão que os estudantes mencionam mais frequentemente para perderem o interesse pelos estudos e para desistirem” (Ausubel, 2003, p. 199).

### 2.5.2 Aprendizagem significativa versus aprendizagem mecânica

A aprendizagem significativa ausubeliana contesta a aprendizagem por memorização, que define como aquela em que os conhecimentos recém-adquiridos são simplesmente memorizados sem interagirem com quaisquer das ideias já existentes na estrutura cognitiva. Os conhecimentos são, deste modo, incorporados de modo arbitrário, literal e não substantivo. Em Física, como em outras disciplinas, a memorização de fórmulas, leis e conceitos constituem exemplos típicos de aprendizagem mecânica, assim como o tipo de aprendizagem que é feita na véspera do teste e que apenas serve para esse fim, sendo posteriormente esquecida.

Em geral, privilegia-se a aprendizagem por memorização (mecânica) e não a significativa, muitas vezes devido às práticas correntes de avaliação usadas em sala de aula. Com as rápidas mudanças sociais que se constata atualmente, o que se exige são programas de educação que possam proporcionar e encorajar a aprendizagem significativa do aluno (Novak, 2000).

Comparando a aprendizagem significativa com a aprendizagem memorística, pode-se afirmar que:

- a retenção significativa de informação ocorre durante mais tempo do que a retenção memorística. O nosso equipamento cognitivo, contrariamente ao de um computador, não consegue lidar eficazmente com as informações que lhe dizem respeito numa base arbitrária e literal (Ausubel, 2003; Novak, 2000);
- a informação adquirida por memorização é altamente vulnerável à interferência de materiais semelhantes que anteriormente tenham sido apreendidos e descobertos de forma simultânea (Ausubel, 2003);
- as informações subsumidas originam um maior aumento da diferenciação dos subsunçores, aumentando, deste modo, a capacidade de uma maior facilitação da subsequente aprendizagem dos materiais relacionados (Novak, 2000);

- as informações apreendidas significativamente podem ser aplicadas numa enorme variedade de novos problemas ou contextos, sendo a transferibilidade de conhecimento elevada (Novak, 2000).

A distinção entre estes dois tipos de aprendizagem está ilustrada na figura que se segue.

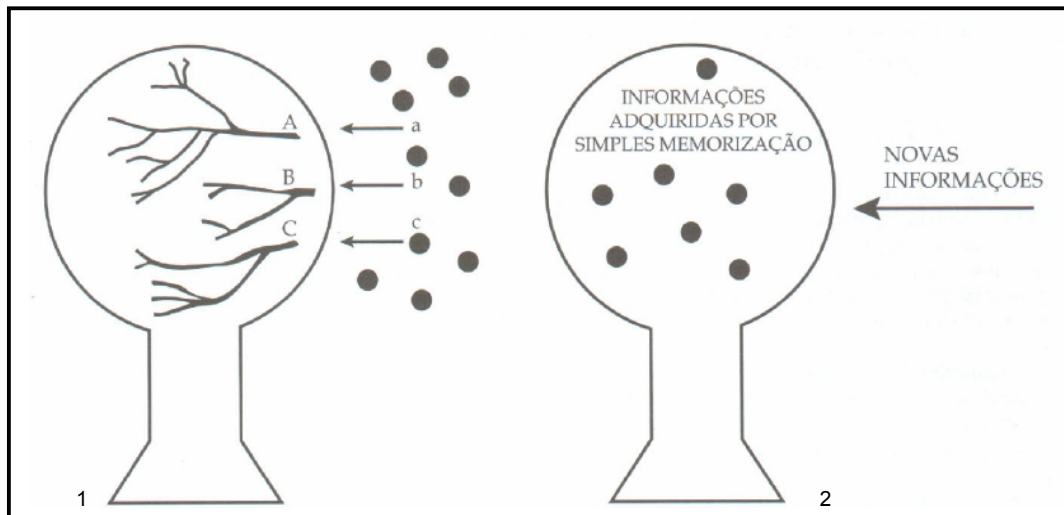


Figura 13 - Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica (Novak, 1977, in Valadares e Graça, 1998, p. 20).

No decurso da aprendizagem significativa, as novas informações a, b, c são associadas aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva (figura 13 -1). Normalmente, esta associação ocorre quando se ligam conceitos mais específicos a outros mais gerais A, B, C, existentes na estrutura cognitiva (subsunçores) e que são frutuosos em informação. Durante esta ligação, o conceito integrador ou subsunçor altera-se, o mesmo acontecendo às informações armazenadas, que agora se tornaram mais ricas com as novas informações a, b e c que recebem (figura 13 -1). Na aprendizagem mecânica, as novas informações são incorporadas sem associação com subsunçores já existentes (figura 13 -2).

Apesar das diferenças existentes entre estes dois tipos de aprendizagem, Ausubel (2003) considera que em, muitas situações de aprendizagem, eles não são conceitos dicotómicos, podendo colocar-se num continuum de aprendizagens. Novak (2000, p. 20), Novak e Gowin (1999, p. 183) apresentam, através de uma representação esquemática, esse continuum, que Valadares e Graça (1998) sintetizam da seguinte maneira (figura 14):



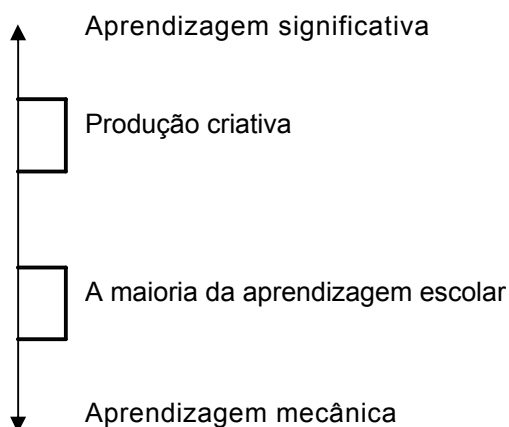


Figura 14- O continuum aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa (Valadares e Graça, 1998, p. 20).

Por exemplo, a produção criativa é desencadeada apenas quando se atingem os níveis elevados de aprendizagem significativa, enquanto que, no outro extremo, no âmbito da aprendizagem mecânica, situa-se a simples memorização de fórmulas.

A aprendizagem por memorização pode tornar-se útil em casos como o da memorização de um poema, da partitura de uma peça musical ou de tabelas de multiplicação (Novak, 2000). Porém, o real valor deste tipo de aprendizagem surge quando se consegue compreender o significado do que se memorizou, uma vez que é este que confere importância à aprendizagem (idem). O professor deve contribuir para que o formando consiga ir mais longe do que a aprendizagem memorística, discutindo significados com ele.

Ausubel (2003) aponta algumas das razões que poderão levar o aluno a desenvolver, frequentemente, um mecanismo de aprendizagem memorística, numa matéria que, à partida, se apresenta potencialmente significativa. São elas:

- o não reconhecimento pelo professor, ou mesmo pelo livro de texto, de respostas substancialmente correctas, mas que não estejam em conformidade, de forma literal, com aquilo que pretendia;
- o elevado grau de ansiedade e a constante repetição numa determinada disciplina, o que poderá levar a que o aluno não tenha confiança suficiente na sua capacidade

de aprender de forma significativa, sendo, assim, mais fácil a aprendizagem por memorização;

- a pressão sobre os alunos para exibirem fluência ou, pelo contrário, ocultarem, em vez de admitirem e corrigirem, deficiências existentes na compreensão genuína.

Alguns estudos na área da aprendizagem levam Novak (2000) a estabelecer um gráfico sobre a taxa de aprendizagem, quer por via significativa quer por via memorística, versus tempo:

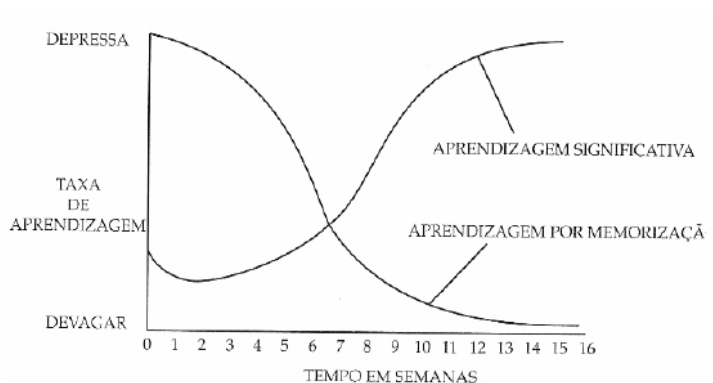


Figura 15 - Taxa de aprendizagem versus tempo em semanas (Novak , 2000, p. 62).

Na fase inicial do programa de estudo, a aprendizagem de informações ocorrida através da memorização é muito mais rápida do que a aprendizagem significativa. Porém, após algumas semanas, uma vez que a informação é armazenada de modo arbitrário e literal, ocorre o esquecimento, surgindo interferências com a nova aprendizagem relacionada e com a recordação de informações relacionadas. O que à partida é mais rápido e eficaz, depressa se torna sem proveito para a elaboração de conceitos. Para além deste continuum de aprendizagens Ausubel considera uma outra dimensão da aprendizagem: a aprendizagem por descoberta e a aprendizagem por recepção.

### 2.5.3 Aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção

Ausubel refere que, seja qual for a estratégia de ensino utilizada, a aprendizagem pode ser mais ou menos memorística e mais ou menos significativa, por um lado. Por outro lado, ela pode ser mais ou menos por recepção ou mais ou menos por descoberta. Ausubel (2003) afirma que “quer a dimensão por memorização significativa, quer a dimensão por recepção-descoberta da aprendizagem existem num contínuo e não possuem uma natureza dicotómica” (p. 54). As duas dimensões da aprendizagem estão indicadas na figura seguinte.

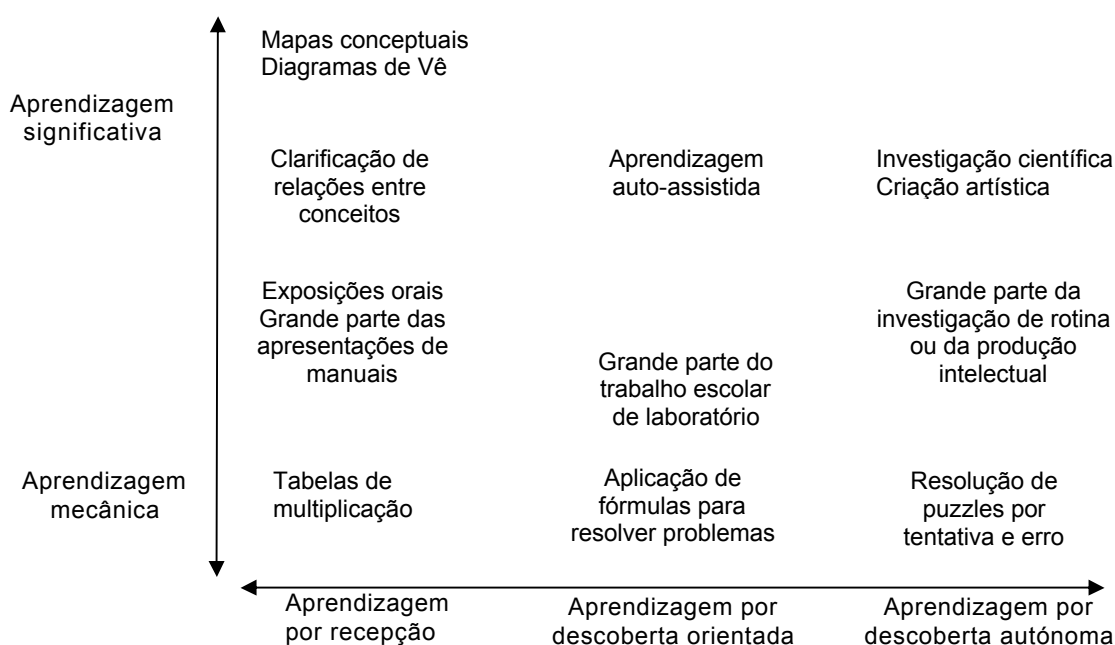


Figura 16 - Aprendizagem por recepção e por descoberta estão num contínuo distinto do contínuo entre aprendizagem mecânica e significativa (Valadares e Graça, 1998, p. 20; Novak e Gowin, 1999, p. 24; Novak, 2000, p. 58).

Com efeito, na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto de modo independente pelo aluno, antes de este o conseguir interiorizar. Este infere os conceitos mais importantes e constrói, por si só, proposições. Na aprendizagem por recepção o material a ser aprendido é mostrado ao aprendiz na sua forma final.

Quer a aprendizagem por descoberta quer a aprendizagem por recepção podem resultar em experiências mais ou menos significativas, ou mais ou menos mecânicas. Por recepção ou por descoberta, a aprendizagem só se tornará significativa, segundo a concepção

ausubeliana, se o novo conteúdo se incorporar, de forma não-arbitrária e não-literal, à estrutura cognitiva. Tudo depende de como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva do sujeito que apreende.

Ausubel (2003) acrescenta ainda, relativamente a estes dois tipos de aprendizagem, que na escola se verifica essencialmente a aprendizagem por recepção, ao passo que a aprendizagem por descoberta se utiliza na resolução de problemas quotidianos. Porém, o inverso (utilizar-se a aprendizagem por recepção na resolução de problemas e a aprendizagem por descoberta na sala de aula) também pode ocorrer. Em situações laboratoriais, a aprendizagem por descoberta contribui para que cientistas cheguem a conhecimentos significativos, contudo aos alunos leva-os à redescoberta forjada de proposições conhecidas (idem).

Alguns psicólogos como Bruner defendem a descoberta como sendo necessária para a aquisição de conhecimentos, uma vez que “possui determinadas vantagens de motivação únicas, organiza os conhecimentos de forma eficaz para utilização posterior e promove a retenção a longo prazo” (Ausubel, 2003, p. 50). Porém Ausubel (2003) adopta uma posição de reserva sobre esta técnica de descoberta como meio essencial e eficaz na aprendizagem do conteúdo de uma dada disciplina. Além disso, trata-se de uma técnica que em sala de aula demora muito tempo a sua correcta utilização. Mas não nega as vantagens que a mesma apresenta: motivação única; o facto de ser necessária para o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas; método de instrução auxiliar útil em determinadas situações educacionais (idem).

O método da descoberta pode ser adequado a determinadas finalidades, particularmente na aprendizagem de procedimentos científicos numa determinada disciplina, contudo, para aquisição de grandes corpos de conhecimentos ela é desnecessária. Tal como explicita Ausubel (2003) “as técnicas de descoberta dificilmente constituem um meio essencial e eficiente de transmissão do conteúdo de uma dada disciplina académica” (p. 49).

A aprendizagem escolar deve apostar no encaminhamento dos alunos em direcção a níveis de aprendizagem significativa, de modo especial na aprendizagem por recepção, que, segundo Ausubel (2003) e Novak (2000), é o processo mais usado no ensino. Como afirma Ausubel (2003),

geralmente apresenta-se ao aprendiz, numa forma mais ou menos final e através de ensino expositivo, o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve apreender. Nestas circunstâncias, apenas se exige ao aprendiz que compreenda o material e o incorpore na própria estrutura cognitiva, de forma a ficar disponível quer para reprodução, para aprendizagem relacionada, quer para resolução de problemas no futuro. (p. 6)

A aprendizagem por recepção e a abordagem de ensino expositivo fomentam, por vezes, a aprendizagem de verbalismos vazios (em vez de generalizações), desprovidos de qualquer significado e de compreensão. Segundo Ausubel (2003), identificam-se alguns aspectos nas práticas expositivas que são de evitar, se pretendermos que os alunos realmente aprendam significativamente:

(1) uso prematuro de técnicas verbais puras com alunos imaturos em termos cognitivos; (2) apresentação arbitrária de factos não relacionados sem quaisquer princípios de organização ou de explicação; (3) não integração de novas tarefas de aprendizagem com materiais anteriormente apresentados; (4) utilização de procedimentos de avaliação que avaliam somente a capacidade de se reconhecerem factos discretos, ou de se reproduzirem ideias pelas mesmas palavras ou no contexto idêntico ao encontrado originalmente. (p. 7)

Quer o ensino por recepção, quer o ensino por descoberta podem levar à aprendizagem memorística ou significativa. O que se pretende é desenvolver a aprendizagem significativa. Práticas, exercícios e contestações reflexivas contribuem para a aprendizagem significativa.

Além disso, o melhor processo de evitar a simulação da aprendizagem significativa é formular questões e colocar problemas de uma nova forma não familiar aos alunos que exija a máxima transferência do conhecimento adquirido (Ausubel, 2003).

Segundo este autor a aprendizagem por recepção e retenção significativa constituem os mecanismos humanos “par excellence para a aquisição e o armazenamento de vasta quantidade de ideias e de informações representadas por qualquer área do conhecimento” (Ausubel, 2003, p. 16).

Contrariamente ao que alguns autores defendem, a aprendizagem por recepção é um processo activo que, segundo o autor, envolve três passos: análise cognitiva do sujeito que apreende, pretendendo-se descobrir na sua estrutura cognitiva a existência de subsunçores adequados ao material considerado potencialmente significativo; grau de reconciliação entre os subsunçores e os conceitos novos, em que os novos significados resultam de “uma interacção activa e integradora entre novos materiais de instrução e ideias relevantes da estrutura de conhecimento existente no aprendiz” (Ausubel, 2003, p. 43); e reformulação do material de aprendizagem tendo em linha de conta quer os antecedentes intelectuais quer o vocabulário do sujeito, que são idiossincráticos.

#### 2.5.4 Formas de aprendizagem significativa

Ausubel (2003) e Novak (2000) partilham a existência de vários tipos de aprendizagem significativa:

- a aprendizagem de representações (representacional), que se refere aos significados de símbolos, sinais ou palavras unitárias para objectos ou acontecimentos específicos, ou categorias de acontecimentos ou objectos. Esta aprendizagem precede a aprendizagem conceptual;
- a aprendizagem de conceitos (conceptual), onde estes se apresentam como acontecimentos, situações ou propriedades que têm determinados atributos específicos comuns;
- a aprendizagem de proposições (proposicional), que se aplicam aos significados de ideias, acontecimentos ou objectos e que são traduzidas por grupos de palavras combinadas.

Estes dois últimos tipos de aprendizagem significativa diferem, no sentido de que na aprendizagem conceptual

os atributos de critérios de um novo conceito se relacionam com as ideias relevantes na estrutura cognitiva, para darem origem a um novo significado, mais unitário, ao passo que, no último caso, uma nova proposição (ou ideia compósita) se relaciona com a estrutura cognitiva para dar origem a um novo significado compósito. (Ausubel, 2003, p. 85)

Novak (2000), utilizando um mapa conceitual, apresenta de um modo geral a interação entre estas três formas de aprendizagem, defendendo igualmente a ideia de que os próprios mapas conceituais constituem uma ferramenta importante para representar alguns quadros conceptuais proposicionais e de significados que uma pessoa possui sobre um dado assunto (figura 17).

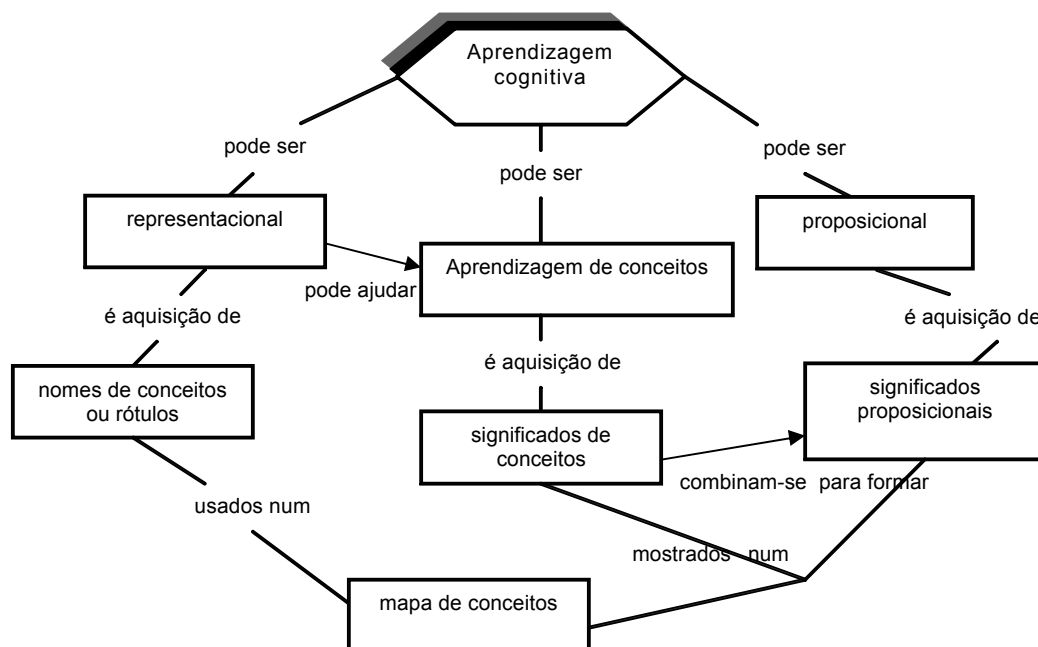


Figura 17- Formas de aprendizagem cognitiva que interagem entre si (Novak, 2000, p. 41).

A aprendizagem significativa não diz respeito apenas aos aspectos cognitivos dos alunos. Também tem a ver com os seus aspectos afectivos e psicomotores. E, para além de eles aprenderem significativamente conceitos, leis e teorias, também deverão aprender significativamente procedimentos e atitudes.

Recorrem-se a processos, concretamente ao recurso do “poder social” de pessoas com mérito garantido, para que os discentes desenvolvam, por um lado, atitudes e opiniões face às aplicações da ciência e à sua aprendizagem e, por outro, que despertem para a tomada de posição participativa relativamente a assuntos controversos ligados ou não ao dia-a-dia.

Cada vez mais a sociedade da informação e do conhecimento em que vivemos apela à compreensão da ciência, não só enquanto conjunto de saberes, mas também enquanto instituição social, que envolve questões científicas com implicações sociais.

Novak (2000) explicita que

questões tais como a sensibilidade e os valores estão a tornar-se cada vez mais importantes também nas ciências, especialmente com a crescente aplicação de ideias e ferramentas científicas para a manipulação de genes vegetais e animais (incluindo o ser humano). (p. 9)

Neste âmbito, os currículos de ciências apontam para a vertente CTSA, assunto que desenvolveremos mais tarde.

#### 2.5.5 Teoria de assimilação da aprendizagem de Ausubel

Para compreender o processo acerca do qual adquirimos, retemos e organizamos significados na estrutura cognitiva, Ausubel propõe a teoria de assimilação, que se centra no processo interactivo entre o material novo apreendido e os subsunçores. Na verdade, segundo este psicólogo educacional, a nova informação potencialmente significativa (a) interage com o subsunçor existente na estrutura cognitiva (A), resultando um produto interaccional (A'a'). Este produto relacional pode sofrer modificações ao longo do tempo, pelo que Ausubel diz que a assimilação não termina após a aprendizagem significativa, mas prossegue, podendo envolver novas aprendizagens e perda de capacidade de reprodução de ideias subordinadas em relação à estrutura cognitiva preexistente (Ausubel, 2003).

Ausubel sugere que a assimilação tem um efeito facilitador na retenção, uma vez que admite um período de tempo variável durante o qual as novas informações permanecem dissociáveis das suas ideias-âncora; isto é, o produto interactivo A'a' pode dissociar-se em A' e a', favorecendo, deste modo, a retenção de a'. Na verdade, apesar da retenção dos significados acabados de apreender sair reforçada com o processo de assimilação, esse conhecimento está sujeito, como diz Ausubel, “à influência erosiva da tendência reducionista



geral da organização cognitiva” (Ausubel, 2003, p. 108). Na verdade, continua o autor, é mais simples e mais económico reter as ideias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis, e que serviram de âncora, do que as novas ideias assimiladas e altamente diferenciadas (novos significados), assimiladas de forma obliterante pelos primeiros.

Deste modo, segundo a perspectiva ausubeliana, algum tempo após a primeira assimilação ocorre uma segunda fase de assimilação: a chamada assimilação obliteradora, em que “as ideias acabadas de aprender começam a tornar-se, progressivamente, menos dissociáveis (recuperáveis) das respectivas ideias-âncora, como entidades por direito, até deixarem de estar disponíveis e se afirmar estarem esquecidas” (p. 108). Por conseguinte,  $A'a'$  reduz-se simplesmente a  $A'$ , ocorrendo, então, o esquecimento de  $a'$ . O resíduo de assimilação obliteradora é  $A'$  que corresponde ao subsunçor modificado. No processo de aquisição de conteúdos programáticos de uma dada disciplina a assimilação obliteradora que caracteriza a aprendizagem significativa deve ser neutralizada.

Esquemáticamente, podemos representar o processo de assimilação e de assimilação obliteradora do seguinte modo:

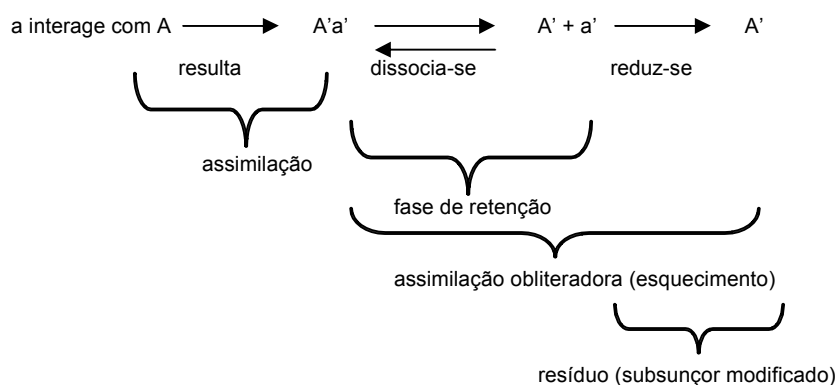


Figura 18 – Assimilação e assimilação obliteradora (Moreira, 1998, p. 28).

## 2.5.6 Facilitação da aprendizagem significativa: estratégias e princípios

Para Ausubel, a estrutura cognitiva do sujeito pode ser influenciada mediante a adopção de estratégias e de princípios programáticos apropriados na organização sequencial dos

conteúdos de ensino que o educador deve ter presente. A principal estratégia instrucional defendida por Ausubel é o uso de organizadores avançados. Quanto aos princípios, eles são: a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação.

#### 2.5.6.1 Organizadores avançados (prévios)

Os organizadores avançados ou prévios são mecanismos pedagógicos que têm como objectivo facilitar a aprendizagem significativa, na medida em que funcionam como «ponte cognitiva» (P.C.) entre o que o aprendiz já sabe (C.P.) e a nova informação, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, facilitando deste modo a reconciliação integradora da informação (Ausubel, 1968).

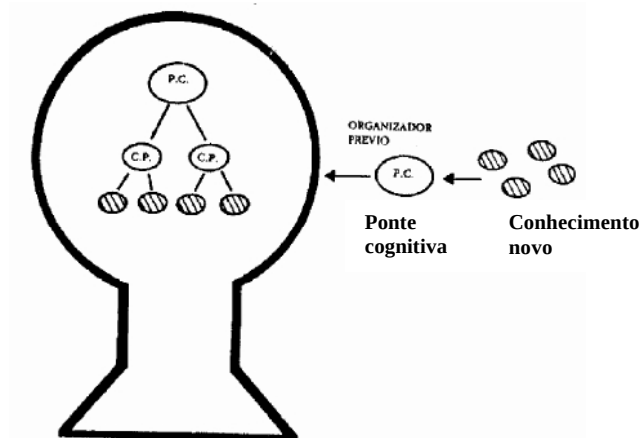


Figura 19 – Organizador prévio (Ausubel, 1968; reproduzido por Novak, 1977, p. 76).

Na verdade, verifica-se a sua necessidade na medida em que

na maioria dos contextos de aprendizagem significativa, as ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva são demasiado gerais e não possuem uma particularidade de relevância e de conteúdo suficientes para servirem como ideias-âncora eficientes relativamente às novas ideias introduzidas pelo material de instrução em questão. (Ausubel, 2003, p. 11)

Assim, os organizadores prévios podem resolver este problema desempenhando, fundamentalmente, um papel mediador. Por outro lado, aumentam a capacidade de

discriminação entre a situação eventual de aprendizagem e as ideias-âncora relevantes da estrutura cognitiva. Os organizadores são materiais introdutórios que se apresentam ao aprendiz antes de este se confrontar com o próprio material de instrução, e que possuem um nível mais alto de abstracção, generalidade e inclusividade do que os novos materiais a serem apreendidos, fornecendo “ancoragem a um nível global, antes de o aprendiz ser confrontado com qualquer material novo” (Ausubel, 2003, p. 166).

Contudo, por terem um nível de abstracção, generalidade e inclusividade superior ao do conhecimento novo que o aluno vai aprender, não se podem confundir com sumários ou resumos deste conhecimento novo (idem).

O investigador fala em organizadores do tipo comparativo e do tipo expositivo. Os primeiros são utilizados quando se torna difícil ao aprendiz discriminar ideias-âncora e novas ideias do material de instrução. Os segundos utilizam-se para “melhorar a relevância (disponibilidade), estabilidade e clareza das ideias-âncora, quando a capacidade de discriminação não é o principal problema de aprendizagem” (Ausubel, 2003, p. 66).

Qualquer que seja o tipo de organizadores avançados, desde que sejam cuidadosamente planeados, eles facilitam em muito a ancoragem de conceitos e proposições a novos conceitos e proposições (Novak, 2000).

Os organizadores prévios constituem a principal estratégia instrucional proposta por Ausubel para trabalhar a estrutura cognitiva do sujeito e facilitar ou criar as condições para a aprendizagem significativa. Novak e Gowin, por sua vez, propõem os mapas conceptuais e os diagramas em Vê como organizadores avançados eficazes. Estes evidenciam quer as ideias válidas quer as inválidas relevantes para determinado assunto ou actividade do sujeito, sendo “úteis como ferramentas de negociação de significados sobre o conhecimento entre o professor e os alunos” (Novak, 2000, p. 27). A sua construção é “muito reveladora dos quadros de conhecimento que possuem” (Novak, 2000, p. 40). Por outro lado, estes instrumentos, para além de constituírem ferramentas importantes para a aprendizagem, são excelentes ferramentas de avaliação. Estes dois instrumentos irão ser objecto de uma análise mais detalhada, no capítulo 3.

#### 2.5.6.2 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos integrantes da dinâmica da estrutura cognitiva. O educador tem de ter em conta tanto um como outro quando planifica o conteúdo de um programa disciplinar. Para Novak (2000), o desenvolvimento conceptual realiza-se melhor quando se introduzem nos conteúdos a leccionar, as ideias mais gerais e inclusivas, sendo estas, mais tarde, progressivamente diferenciadas nas suas especificidades. Ressalve-se que nem sempre se torna fácil para o educador determinar, num dado corpo de conhecimentos, quais os conceitos mais gerais e quais os subordinados. No entanto, é imprescindível que se tente distingui-los por duas razões: por um lado, é menos difícil ao aluno apreender aspectos diferenciados de um todo mais geral, anteriormente apreendido, do que chegar ao todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas; por outro, a organização do conteúdo de uma dada disciplina na mente de um sujeito é uma estrutura hierárquica onde, no topo, estão as ideias mais gerais e onde, progressivamente, são incorporadas proposições, conceitos e factos menos inclusivos e mais diferenciados. À medida que se trabalha a diferenciação progressiva, deve-se também explorar relações entre conceitos e proposições, chamando a atenção para diferenças e similaridades importantes, procurando reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Ao proceder assim procuramos atingir aquilo a que Ausubel chama reconciliação integradora.

Novak (1997) e Ausubel (2003) defendem a ideia de que, para se chegar à diferenciação progressiva e à reconciliação integradora, cujos processos ocorrem simultaneamente, se deve organizar o ensino descendo e subindo nas estruturas conceptuais hierárquicas, à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, deve-se começar com os conceitos mais gerais, mais inclusivos, ilustrando de seguida a sua interligação com os conceitos subordinados (intermédios) e introduzindo, finalmente, os conceitos específicos, pouco inclusivos, para depois se voltar, através de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais geral na hierarquia (figura 20).

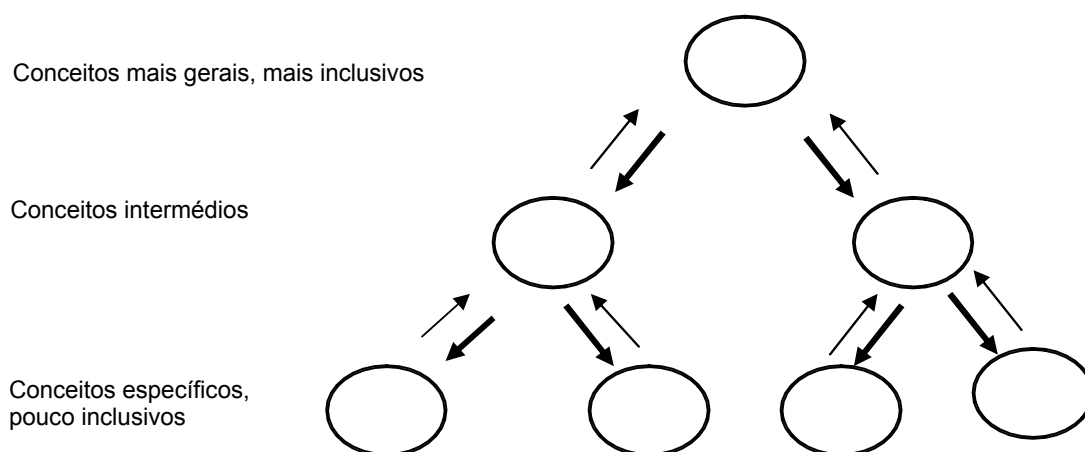


Figura 20 - Representação esquemática do modelo ausubeliano de diferenciação progressiva e reconciliação integradora (Moreira e Buchweitz, 1993, p. 27).

O processo instrutivo, segundo esta perspectiva, não é unidireccional. Propõe-se começar do geral para, progressivamente, chegar ao particular, mas também se deve fazer referências constantes ao geral, para não se perder a visão do todo. Na figura, as linhas a negrito referem-se à diferenciação progressiva e as linhas simples à reconciliação integradora. Ausubel (2003) considera que a diferenciação progressiva está mais relacionada com a aprendizagem subordinada (ou subsunção), enquanto que a reconciliação integradora tem a ver com a aprendizagem superordenada. Porém, toda a aprendizagem que resultar em reconciliação integradora resultará também em diferenciação progressiva adicional de conceitos ou proposições, conforme o próprio Novak (2000) declara:

quando ocorre a reconciliação integradora, dá-se, simultaneamente, um melhoramento ou diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. (...) Quando procura fazer reconciliações integradoras (resultantes de respostas a perguntas de como e porquê), um formando adquire, muitas vezes, um ou mais novos conceitos e reconcilia, de forma integradora, os significados destes e dos anteriores. Existe integração, porque os novos conceitos ou relações são realmente incorporados na estrutura cognitiva e a reconciliação dá-se quando os significados das semelhanças e/ou diferenças são incorporados na estrutura cognitiva. Quando um formando se dedica à aprendizagem significativa de qualquer assunto, durante um curto espaço de tempo, a subsunção, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora ocorrem todas em simultâneo, pelo menos até certo ponto. (p. 66)

Todos estes aspectos devem ser tidos em conta na concepção curricular. Deste modo, o investigador explicita que, em primeiro lugar, deve fazer-se uma análise dos conceitos que se pretendem ensinar numa determinada área de conhecimento e, depois, ter em conta algumas

das possíveis relações existentes entre esses conceitos, que podem servir para ilustrar quais os conceitos mais gerais e superordenados e quais os mais específicos e subordinados.

Uma das críticas apontadas por Novak (2000) aos autores dos currículos é o facto de estes não terem em conta a explicitação dos conceitos que pretendem leccionar, assim como as relações hierárquicas possíveis entre esses conceitos, o que torna difícil a aprendizagem dos mesmos. Na verdade, também Ausubel (2003) apresenta uma crítica semelhante, dizendo que

a prática mais habitual dos manuais é segregar, em termos tópicos, os materiais homogéneos em capítulos e subcapítulos separados e ordenar a disposição destes (...) apenas na base de relacionamento tópico, sem ter em consideração o grau relativo de abstracção, generalidade ou inclusão dos mesmos. (p. 166)

Para Novak, em primeiro lugar, deve pensar-se nos conceitos a ensinar, sendo a aprendizagem conceptual e proposicional a função principal da educação. Assim:

devem escolher-se, da massa do conhecimento, os conceitos subordinantes e superordenados mais importantes que se pretendem ensinar. As atitudes e capacidades são elementos necessários e de apoio à aprendizagem conceptual, mas para a maioria da educação, estas são aprendizagem associada ou concomitante e não constituem a estrutura básica do currículo escolar. (Novak, 2000, p. 64)

Este autor acrescenta ainda que, para ilustrar uma estrutura conceptual, tomando como ponto de partida os princípios ausubelianos da diferenciação progressiva e de reconciliação integradora, se devem construir os mapas conceptuais (Novak, 2000). Segundo o investigador, embora Ausubel não se refira a mapas conceptuais, estes decorrem naturalmente da sua teoria se estiverem baseados num modelo que se apoie nos princípios de diferenciação progressiva e, acrescente-se, reconciliação integradora. Mesmo que não se utilizem os mapas, a ideia de representar esquematicamente relações significativas entre conceitos decorre, naturalmente, da teoria de Ausubel.

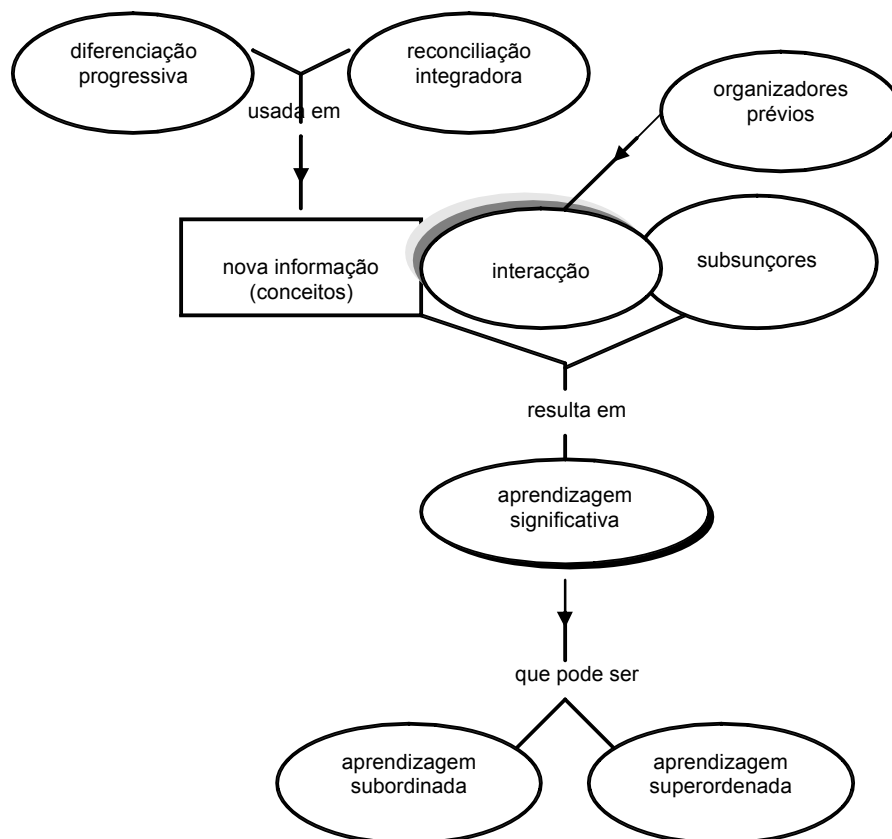
### 2.5.6.3 Organização sequencial e consolidação

Ausubel (2003) argumenta que é importante, para a aprendizagem significativa e a retenção dos conhecimentos, a organização sequencial de ideias dos componentes curriculares de uma dada disciplina, na medida em que “a compreensão de um determinado tópico, muitas vezes, pressupõe logicamente a anterior compreensão de algum tópico antecedente relacionado” (p. 171). O autor acrescenta ainda que, dependendo da disponibilidade de ideias-âncora na estrutura cognitiva relativas à aprendizagem significativa e à retenção, assim o educador deve organizar sequencialmente as tarefas de aprendizagem a implementar nos alunos.

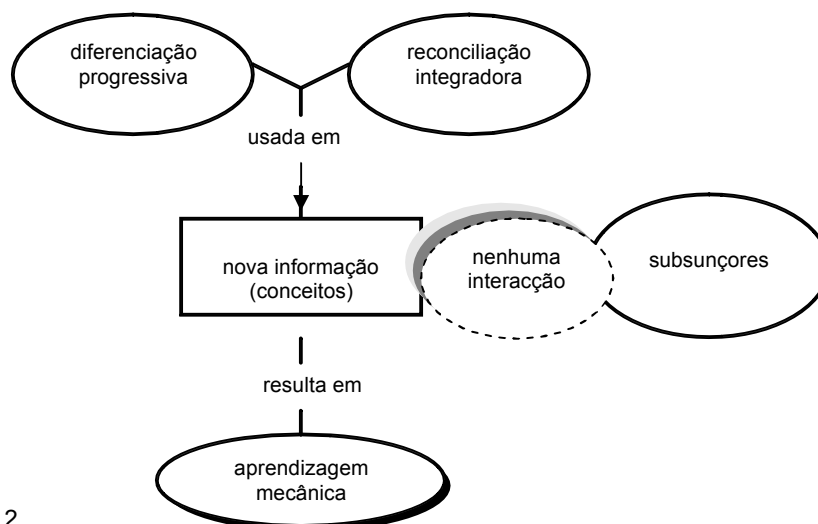
Quanto à consolidação, o investigador considera que seja feita antes da introdução de novos materiais, assegurando deste modo a “prontidão contínua de matérias e um êxito na aprendizagem sequencialmente organizada” (Ausubel, 2003, p. 172).

A estes princípios facilitadores de Ausubel acrescente-se o de Novak, que tem a ver com a utilização de experiências afectivas positivas que gerarão, no aprendiz, uma maior predisposição para aprender.

Como síntese, podemos considerar, em traços gerais, alguns aspectos essenciais da teoria de Ausubel, que estão apresentados nos mapas conceptuais da figura que se segue. O primeiro mapa refere-se ao modo como ocorre a aprendizagem significativa, o segundo diz respeito à aprendizagem mecânica.



Mapa 1



Mapa 2

Figura 21 – Conceitos básicos da teoria ausebeliana sobre a aprendizagem (Moreira e Buchweitz 1993, p. 63).

Também os elementos principais da teoria de Novak estão indicados num mapa conceptual elaborado por Moreira (1998) e indicado na figura 22.



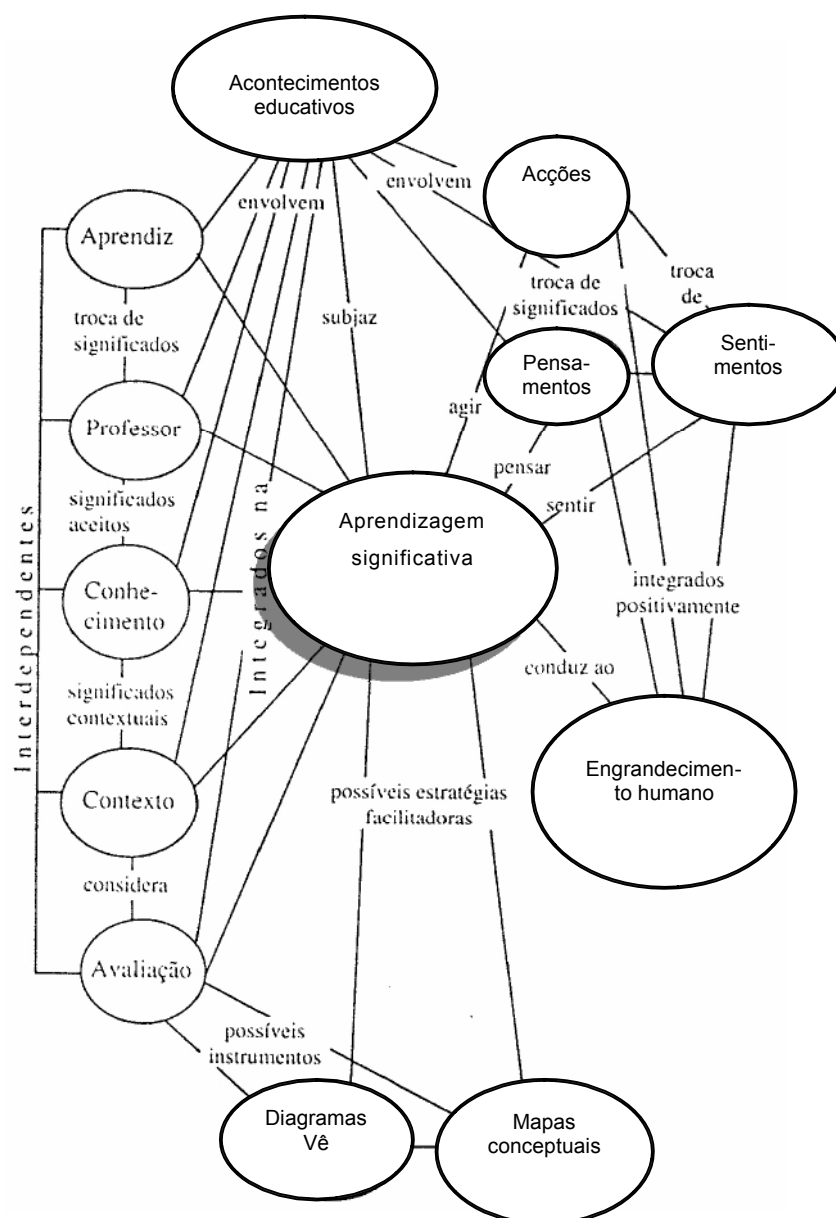


Figura 22- Síntese da aprendizagem significativa de Novak (Moreira 1993, citado por Moreira, 1998, p. 49).

## 2.6 A teoria de Gowin

Bob Gowin, conhecido como o criador de um instrumento heurístico designado por Vê epistemológico ou Vê de Gowin, formula uma teoria da educação onde analisa a estrutura do processo de produção do conhecimento. Esta teoria é apresentada na obra *Educating*.

O primeiro conceito que Gowin (1981) aborda é o de educação. Para ele,

a educação, como processo rico em acontecimentos, muda o significado da experiência humana através da intervenção com materiais significativos nas vidas das pessoas, desenvolvendo nelas pensamentos, sentimentos e acções como disposições habituais de modo a dar significado à experiência humana e usando critérios de excelência apropriados. (idem, pp. 35-36)

Nesta definição destacam-se três ideias centrais. Uma delas é que o fenómeno educativo é um processo pelo qual se muda o significado da experiência pessoal de ver o mundo. A outra é o facto de ele envolver pensamentos, acções e sentimentos, aspectos partilhados por Novak. Finalmente, a terceira ideia é a inclusão de critérios de excelência. Para Gowin a educação tem de ser governada e esta deve guiar-se por critérios de excelência (Valadares, 2006).

O objectivo último da educação é a auto-educação, mas este é um objectivo moroso que exige que se aprenda a aprender (Gowin, 1981). Neste processo, ainda que cada um de nós seja responsável pela sua aprendizagem, precisa de um educador que ajude “a quebrar o código” dos documentos de uma área (Gowin, 1981, p. 24).

Neste contexto, o investigador descreve uma relação triádica entre professor, aluno e materiais educativos, cujo produto é o partilhar de significados, conforme se indica na figura seguinte.

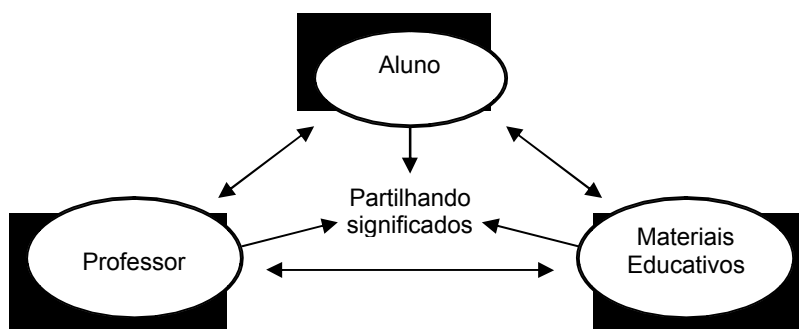


Figura 23 - O modelo triádico de Gowin (Gowin, 1981, p. 73; Moreira, 1993, p. 177, citado em Moreira, 1999, p. 177).

Gowin considera que um acontecimento, no processo ensino-aprendizagem, caracteriza-se pelo partilhar de significados, entre os intervenientes, sobre os conhecimentos transmitidos por materiais educativos. O ensino completa-se “quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno” (Gowin, 1981, p. 81, Moreira, 1999, p. 178).

Na relação triádica que se estabelece no processo de ensino-aprendizagem surgem algumas associações diádicas ocorridas entre:

- professor-aluno;
- professor-materiais educativos;
- aluno-aluno (professor-professor);
- aluno-materiais educativos.

Cada uma destas relações pode ser degenerativa ou educativa. A primeira ocorre quando as relações se tornam autocontidas, interferindo na concretização da relação triádica. A segunda estabelece-se quando tem lugar a relação triádica.

Nesta segunda relação, alunos e professores têm responsabilidades diferentes, mas recíprocas. Além disso, “aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser partilhada pelo professor” (Gowin, 1981, p. 83). Segundo Gowin “o professor é responsável por verificar se os significados que o aluno capta são aqueles que são partilhados pela comunidade de usuários”, enquanto que o aluno tem como responsabilidade “verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse” (idem, p. 84). Para Gowin, o professor deverá agir de modo a que o aluno participe em actividades que o façam aproximar cada vez mais dos conteúdos que a escola tem para lhe ensinar (Valadares, 2005).

Quando se alcança a partilha de significados, o aluno decidirá se quer aprender ou não significativamente. Este aspecto da decisão é partilhado por Novak.

Para Gowin, “para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não arbitrária e não-literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos do currículo” (Moreira, 1999, p. 179).

## 2.7 Reflexão final do capítulo 2

Em suma, apresentamos, no quadro 2 as ideias que mais se destacam nos diferentes autores considerados mais relevantes nas correntes psicológicas abordadas neste capítulo.



No quadro anterior não incluímos a teoria de Kelly, pelo facto de, como referimos anteriormente, se tratar de uma teoria da personalidade, embora com implicações na aprendizagem.

Destacamos as teorias de Ausubel (2003), Novak (1997, 1999, 2000) e Gowin (1981), que formam um corpo sólido e coerente acerca do processo de ensino-aprendizagem, enquadrando-se na Teoria da Aprendizagem Significativa (Moreira, 1999), complementada por algumas ideias da psicologia de Vygotsky.

À semelhança do referido por vários investigadores “este corpo de conhecimento oferece perspectivas novas, estimulantes e, sobretudo, viáveis para a organização do ensino em sala de aula” (Moreira 1999, p. 180).

Actualmente, para além das ligações que têm vindo a ser trabalhadas relativamente às outras teorias de aprendizagem e das contribuições destas, têm sido desenvolvidas investigações que procuram fundamentar melhor a TAS, actualizando-a. Esta argumentação baseia-se em considerações epistemológicas e outras alicerçadas nas ciências da cognição. Têm sido integrados estudos acerca da linguagem, sobre o progresso e enriquecimento conceptual, sobre a interacção pessoal, sobre ambientes de aprendizagem, etc. (Valadares, 2006b).

Nesta investigação adoptámos a TAS, na sua versão actual, que como teoria construtivista que é, serve de alicerce à criação de ambientes construtivistas e investigativos de aprendizagem em sala de aula.

No próximo capítulo iremos caracterizar esses ambientes, destacando os aspectos que nos parecem mais importantes para a criação dos mesmos.





## **CAPÍTULO 3**

### **O CONSTRUTIVISMO ENCARADO NUMA PERSPECTIVA EDUCATIVA: OS AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS E INVESTIGATIVOS EM SALA DE AULA**

Em sala de aula, a competência científica do professor é sendo dúvida, importante, porém, consideramos que não é suficiente. É necessária a criação de ambientes construtivistas e investigativos que facilitem a aprendizagem significativa do aluno.

Nesses ambientes, os estudantes são os construtores activos da sua própria aprendizagem, os grandes e últimos responsáveis por ela, ainda que a interacção social, a que estão sujeitos, contribua para essa aprendizagem.

Este capítulo foca, sobretudo, as características dos ambientes construtivistas e investigativos em sala de aula, que consideramos importantes e que todo o educador deverá ter presente. Dessas características destacaremos as relações interpessoais estabelecidas entre os intervenientes do processo de ensino-aprendizagem, o trabalho cooperativo desenvolvido entre alunos-alunos e no grupo-turma, e a avaliação das aprendizagens dos estudantes. Das diversas formas de avaliação utilizadas, evidenciamos a avaliação formativa e a avaliação formadora, distinguindo-as da avaliação sumativa.

Uma outra característica destes ambientes que consideramos pertinente é a utilização em sala de aula de instrumentos metacognitivos (como o mapa conceptual e o Vê de Gowin).

#### **3.1 O desafio do construtivismo numa perspectiva educativa**

As dimensões epistemológica, psicológica e educativa do construtivismo, numa perspectiva interdisciplinar, são fundamentais na reflexão acerca do modo como o aluno aprende em situações de aprendizagem (Brooks e Brooks, 1997).

Fosnot (1999) considera que o construtivismo aponta para uma nova abordagem educativa:

a aprendizagem é encarada como um processo auto-regulador de luta contra o conflito entre modelos pessoais pré-existentes do mundo e novos conhecimentos discrepantes, construindo novas representações (...) com ferramentas e símbolos culturalmente desenvolvidos e negociando significados através de actividade social cooperativa, de discurso e de debate. (Prefácio, p. 9)

Esta nova abordagem de ensino possibilita aos alunos a oportunidade de terem experiências não apenas concretas mas significativas, por meio das quais podem procurar referências, levantar as suas próprias questões, construir o seu próprio conhecimento, ao mesmo tempo que se tornam mais participantes na sala de aula e responsáveis pela própria aprendizagem (Fosnot, 1999; Wolffe et al., 1996). O aluno passa a ser o principal responsável pelo seu próprio processo de aprendizagem; é ele que constrói o conhecimento, e ninguém pode substituí-lo nessa tarefa (Driver, 1989; Coll, 1992; Novak e Gowin, 1999; Brooks e Brooks, 1993, 1997, 1999; Mauri, 2001; Solé e Coll, 2001; Valadares, 2001, 2003a, 2005).

Infelizmente, estas ideias ainda não estão a ser postas em prática na maior parte das escolas portuguesas. Thomaz (1987) descreve o cenário do que actualmente se passa nas aulas de Física. Estas

têm sido conduzidas numa perspectiva tradicional e são sobretudo centradas nos conteúdos da disciplina, o programa, revelando que a abordagem de «transmissão cultural» do ensino tem dominado a educação em física. O principal objectivo do ensino da Física parece ser a transmissão de «parcelas de verdade». Pressupõe-se que, através dum processo de acumulação de tais fragmentos, as mentes físicas das crianças ou dos jovens encher-se-ão com verdadeiro conhecimento. (p. 123)

Neste contexto, a tarefa principal do professor é transmitir informações, valores, regras. Aos alunos cabe o papel passivo de aceitar os factos «despejados» pelo professor, sendo os seus conhecimentos avaliados por instrumentos que, frequentemente, apenas avaliam a sua capacidade memorística (idem).

Ora, o conhecimento não é uma acumulação de factos descobertos, transmissíveis aos estudantes, porque estes não se transvazam, como um líquido num sifão (Valadares, 2005). Semelhante pensamento têm os investigadores Novak e Gowin (1999), quando afirmam que os significados cognitivos “não podem ser transferidos para estudantes como se se tratasse



*de uma transfusão de sangue*” (p. 36). Para estes autores “aprender o significado de um dado conhecimento implica dialogar, trocar, compartilhar, e por vezes estabelecer compromissos” (p. 36).

Na sua importante obra *Educating*, Gowin distingue, com toda a clareza, ensino e aprendizagem. O ensino é um acontecimento social, no qual os seres humanos negociam e partilham significados (Valadares, 2006a,b). Como o próprio Gowin (1981) explicita “partilhar significados entre pessoas é uma grande parte do processo de mudar o significado da experiência humana (...) o ensino é a consecução de significados compartilhados no contexto da educação” (p. 62).

Pelo contrário, a aprendizagem é uma construção pessoal e idiossincrática da responsabilidade do aprendente e que não pode ser compartilhada (Valadares, 2006a,b). Esta ideia, de que a aprendizagem constitui “uma actividade que não pode ser compartilhada; é, sim, uma questão de responsabilidade individual” (Novak e Gowin, 1999, p. 36), está associada à ideia de que se trata de “uma activa reorganização de uma rede de significados preexistente” na estrutura cognitiva de quem aprende (Gowin, 1981, p. 124).

Entre ensino e aprendizagem não há uma relação estritamente causal (*idem*); o professor pode ensinar uma turma de alunos e alguns aprenderem bem e outros mal. Isto sucede porque os alunos são idiossincraticamente diferentes, sendo a aprendizagem um processo individual (Valadares, 2006a,b).

A aprendizagem é, portanto, uma construção pessoal, para a qual os agentes culturais “são peças imprescindíveis” para essa construção (Solé e Coll, 2001, p. 18). O estudante “graças à ajuda recebida do professor, pode revelar-se progressivamente competente e autónomo na resolução de tarefas, no emprego de conceitos, na prática de determinadas atitudes e em muitas outras questões” (*idem*, p. 22).

Graças à interacção e à ajuda do professor e dos colegas, cada estudante pode trabalhar ou realizar uma determinada tarefa mais eficazmente do que se trabalhasse sozinho

(Vygotsky, 1991). Coll (1990, citado em Coll, 1992) destaca o duplo sentido atribuído ao conceito de ajuda pedagógica, afirmando que:

por um lado, é só uma ajuda, porque o verdadeiro artífice do processo de aprendizagem é o aluno; é ele quem construirá os significados, e a função do professor é ajudá-lo nessa tarefa. Mas, por outro lado, é uma ajuda sem cuja cooperação é altamente improvável que seja produzida a aproximação desejada entre os significados que o aluno constrói e os significados que os conteúdos escolares representam e veiculam. (p. 31)

Para que a ajuda educativa seja eficaz, é necessário que o professor tenha em linha de conta duas grandes condições (Onrubia, 2001). A primeira, é que tenha em atenção os esquemas de conhecimento dos estudantes em relação aos conteúdos de aprendizagem em questão e tome como ponto de partida aquilo que eles já conhecem sobre o assunto. A segunda condição é que coloque desafios que ponham em causa esses significados, conduzindo os alunos no sentido da sua modificação (Brooks e Brooks 1993, 1997, 1999; Onrubia, 2001). A acompanhar este comportamento devem existir apoios e reforços de todo o tipo e meios, quer intelectuais quer emocionais, que levem os estudantes a superar esses desafios (Onrubia, 2001).

Neste contexto, o papel do professor será, então, o “de um facilitador e orientador da mudança conceptual que ocorre no aluno, proporcionando-lhe experiências de aprendizagem que revelem a necessidade de modificar as suas concepções” (Valadares e Graça, 1998, p. 19).

Assim sendo, o construtivismo exige aos educadores um reexame das práticas instrucionais, e aos estudantes a oportunidade de construir o seu próprio conhecimento (Wolffe et al., 1996). Por um lado, o aluno “assume o papel fulcral de construtor do seu próprio conhecimento na interacção com os objectos, mediada pelo professor e colegas” (Valadares, 2001, p. 9); por outro, o aluno “é situado num processo de investigação-acção na resposta a problemas científicos relevantes que focam e norteiam toda a sua actividade” (idem, p. 10).

Como evidenciam diversos autores, o construtivismo não pode ser interpretado como “sendo um livro de receitas” (Fosnot, 1999, p. 52; Coll e Solé, 2001, p. 9) para ensinar, mas é “um conjunto articulado de princípios, a partir dos quais é possível diagnosticar, formar juízos e tomar decisões fundamentadas sobre o ensino” (Coll e Solé, 2001, p. 9).

O construtivismo coloca aos educadores o desafio de determinar aquilo que traz à prática do ensino (Fosnot, 1999). Esse desafio passa pela implementação de estratégias construtivistas e investigativas em sala de aula num ambiente construtivista.

### 3.2 Ambiente construtivista e investigativo

Acreditamos, com base em alguma fundamentação empírica de que temos conhecimento (Alencão, 2001; Gouveia, 2003; Fonseca 2003), que a criação de um bom ambiente de aprendizagem, fundamentado no construtivismo, conduz a uma aprendizagem significativa.

O estudo dos ambientes construtivistas é relativamente recente. Notou-se durante muito tempo a ausência de um corpo teórico, assente em bases sólidas, sobre ambientes de aprendizagem, que juntamente com a separação entre a pesquisa em educação e a prática dos professores, fez com que estes em ambiente de sala de aula actuassem por intuição ou então por força das suas concepções pessoais, frequentemente resultantes da sua experiência como alunos (Valadares, 2003a, 2005).

As bases para o desenvolvimento educacional sobre os ambientes de aprendizagem surgiram apenas nos anos 60 do século passado, com os investigadores Herbert Walberg e Rudolf Moos (Majed, Fraser e Aldridge, 2001, citados por Valadares 2003a, 2005; Fraser, 1986, citado por Sebela, 2001; Fraser, 1998), que abriram caminho à investigação sobre as percepções acerca dos ambientes em sala de aula, embora, já nos anos 30 tivessem surgido pesquisas no domínio da psicologia, como as de Lewin's (1936) e Murray (1938) (citadas em Fraser, 1998; Valadares 2005), que reconheciam ser o comportamento de um sujeito função dele próprio e do ambiente em que se insere.

Para tentar operacionalizar as ideias sobre os ambientes de aprendizagem, Walberg desenvolveu um instrumento - o Learning Environment Inventory (LEI) - como parte de um processo de pesquisa e avaliação de um Curso de Física, conhecido por Harvard Project Physics (Walberg e Anderson, 1968, citado por Sebela 2001; Fraser, 1998; Valadares 2003a, 2005). Simultaneamente, Moos (1968) desenvolvia a primeira das suas escalas de clima social, aplicadas em diversas situações, sobretudo para melhorar os ambientes hospitalares, instituições correcionais e residências universitárias (Fraser, 1986, citado por Sebela, 2001; Fraser, 1998; Valadares 2005).

Na década de 90, começou-se a sentir a influência das ideias construtivistas na investigação acerca dos ambientes na sala de aula. Foi criado um instrumento - designado por Constructivist Learning Environment Survey (CLES) - por Taylor e Fraser (1991, citado por Valadares, 2005) que foi apresentado no encontro anual da American Educational Research Association, em 1991.

Esta primeira versão do CLES destinava-se a avaliar as percepções dos professores e estudantes sobre cinco dimensões consideradas importantes nesses ambientes, a saber (Sebela, 2001; Valadares, 2003a; 2005):

- relevância pessoal (Personal Relevance) - relação entre as matérias leccionadas e as experiências dos alunos vividas fora do espaço escolar;
- incerteza (Uncertainty) - a importância das teorias, experiências, crenças e valores na pesquisa científica efectuada;
- controlo partilhado (Shared Control) - o controlo do ambiente é partilhado por professores e alunos numa base de avaliação contínua e formadora;
- negociação dos estudantes (Student Negotiation) - o diálogo e a partilha de ideias entre os alunos, destacando-se a avaliação de pares;
- voz crítica (Critical Voice) - o facto de nada nem ninguém estar acima da crítica que se deseja construtiva.

O instrumento consta de dois inquéritos: a “forma preferida” (preferred form) e a “forma real” (actual form) (Taylor et al., 1995, citado por Wanpen e Fisher, 2004; Valadares, 2003a).

A forma preferida mede as percepções do ambiente construtivista de aprendizagem, antes de ser vivido pelos alunos; a forma real destina-se a indagar as percepções dos alunos depois de este ter sido vivido por eles (Fraser, 1998, citado por Wanpen e Fisher, 2004; Valadares, 2003a). Os investigadores estavam convictos que, mudando a “forma real” do ambiente de sala de aula para “a forma preferida” isso iria aumentar a aprendizagem do aluno (Wanpen e Fisher, 2004).

Três anos mais tarde, no mesmo encontro anual da American Educational Research Association, Taylor, Fraser e White (1994) apresentaram uma versão do instrumento CLES. Logo no início do texto da comunicação surge mencionado que esta nova versão do CLES foi desenvolvida para investigadores interessados na reforma construtivista, quer da ciência quer da matemática, das escolas secundárias.

Esta versão do CLES, contrariamente à original, tem em linha de conta as influências socioculturais que, segundo os investigadores, têm grande importância no ambiente em sala de aula (Taylor, Fraser e White, 1994; Taylor, Fraser e Fisher, 1997; Wanpen e Fisher, 2004).

Segundo Taylor, Fraser e White (1994) e Taylor, Fraser e Fisher (1997) existiam dois mitos culturais que dominavam as aulas e que precisavam de ser eliminados: a visão objectivista da natureza do conhecimento científico e matemático, e a visão do currículo como um produto de conhecimento imutável, a ser dado pelo professor.

No campo da filosofia da ciência, os filósofos começavam a pôr em causa a objectividade da ciência, assim como o carácter imutável da mesma. Além disso, na área da sociologia da educação, mas com largas implicações no domínio da educação científica, surgia uma visão alternativa da natureza do conhecimento da ciência - o construtivismo social. Do mesmo modo, que na educação em ciência, na educação em matemática se começava a sentir a influência do construtivismo social, conforme é visível nos trabalhos desenvolvidos por Bauersfeld (1988, 1992, citado por Taylor, Fraser e White, 1994) e Ernest (1991, 1992, citado por Taylor, Fraser e White, 1994).

Numa perspectiva de construtivismo social, os professores tornam-se mediadores dos encontros dos alunos com os mundos sociais e físicos, e, ao mesmo tempo, facilitadores das

interpretações e reconceptualizações dos alunos. Um dos papéis fundamentais dos docentes seria o de ajudar os alunos a problematizar e a reconstruir as suas concepções e, além disso, a determinar a viabilidade das suas ideias no domínio social da sala de aula e, em sentido amplo, na comunidade fora da mesma (por exemplo, a dos pais) (Taylor, Fraser e White, 1994).

Outras teorias, como a de Habermas (1972, 1984, citado por Taylor, Fraser e Fisher, 1997) influenciaram diversos pesquisadores como Taylor e Campbell-Williams (1993, citados por Taylor, Fraser e Fisher, 1997). Em sala de aula, as relações comunicativas entre professores e alunos eram mais significativas se nascessem de um discurso aberto. Este tipo de discurso possibilitava que os estudantes:

- negociassem com o professor o tipo de actividade de aprendizagem;
- participassem na determinação de critérios de avaliação;
- investigassem de modo cooperativo uns com os outros;
- participassem na reconstrução das normas sociais da sala de aula (Taylor, Fraser e Fisher, 1997).

Fundamentalmente, foram estas ideias que influenciaram os investigadores Taylor e Fraser e os levaram a reformular o seu instrumento CLES, apresentado, anteriormente, em 1991.

Assim, o novo instrumento, tal como o anterior, destina-se a avaliar as percepções dos professores e alunos sobre determinadas dimensões (relevância pessoal, controlo compartilhado, negociação dos estudantes, voz crítica e incerteza) consideradas importantes num ambiente de aprendizagem. Este instrumento compreendia cinco escalas, cada uma referente a um aspecto-chave, num total de 40 itens (Valadares, 2005).

Esses aspectos-chave eram:

- fazer com que a ciência e a matemática se revelassem como pertinentes para o mundo exterior à escola. Os professores deviam fazer uso das experiências quotidianas dos alunos, sendo estas consideradas significantes para o desenvolvimento do seu conhecimento matemático;

- fazer com que fossem dadas oportunidades aos alunos para desenvolverem a sua autonomia. Para isso os professores deveriam convidar os alunos a partilhar com eles o controlo da concepção, da orientação e da avaliação das suas aprendizagens;
- envolver os estudantes em negociações reflexivas uns com os outros, durante a realização de actividades na sala de aula;
- os alunos serem convidados pelo professor a partilharem o controlo do ambiente, particularmente, o referente às metas de aprendizagem, à administração das respectivas actividades de aprendizagem e à determinação e aplicação dos critérios de avaliação;
- os estudantes serem autorizados a expressarem as suas opiniões sobre a qualidade das actividades de ensino e aprendizagem, nomeadamente, os planos, os métodos pedagógicos e os instrumentos utilizados pelo professor;
- os professores proporcionarem oportunidades aos alunos para que estes pudessem viver a natureza incerta inerente ao conhecimento científico e matemático (Taylor, Fraser, White, 1994; Fraser, 1997; Sebela, 2001; Wanpen Fisher, 2004; Valadares, 2005).

Entretanto, uma outra linha de pesquisa enveredou por um campo algo diferente. Mais do que conhecer as percepções dos alunos, os investigadores que seguem esta linha têm como objectivo pesquisar os efeitos do ambiente de sala de aula nos resultados académicos dos alunos (Fraser e Fisher, 1982; McRobbie e Fraser, 1993, citados por Valadares, 2005).

Segundo Valadares (2005) para além “de se teorizar sobre os ambientes na sala de aula que se julgam propiciadores de uma mudança nas atitudes e nas consecuições dos alunos, esta linha de pesquisa procura validar estas ideias com experiências de sala de aula (pp. 14-15).

As ideias expostas nos trabalhos anteriores influenciaram vários estudiosos dos ambientes construtivistas, entre eles Cunningham et al., (1993), Savery e Duffy (1996),

Brooks e Brooks (1993, 1997, 1999), Jonassen (1991, 1994), Papert (1994), Wolffe et al. (1996), Wilson (1996), Dufy e Cunningham (1996), Harper e Hedberg (1997), Valadares (2001, 2003a, 2005), os quais procuraram caracterizar esses ambientes capazes de implementar a aprendizagem sob um ponto de vista construtivista.

Baseando-nos nos autores acima indicados, entre outros, apresentamos a seguir algumas das características dos ambientes construtivistas que consideramos mais importantes e que todo o educador deverá ter presente:

- enfatizar a construção activa e significativa do conhecimento e não a sua reprodução;
- envolver a aprendizagem em contextos relevantes e simultaneamente realistas;
- privilegiar assuntos que interessem aos alunos e seleccionar informações, materiais e instrumentos pertinentes;
- explorar situações do mundo real e do dia-a-dia;
- ser um facilitador que ajude os alunos a organizar os seus objectivos e percursos na aprendizagem;
- ter uma atitude receptiva às ideias dos alunos, mostrando disponibilidade para os ouvir e compreender;
- propiciar múltiplas representações dos mesmos fenómenos e não apenas uma (representações verbais, icónicas, qualitativas, quantitativas, etc.);
- estimular a cooperação entre alunos-alunos e professores-alunos na construção do conhecimento;
- encorajar a reflexão crítica dos estudantes durante a realização das suas actividades, assim como a análise do que dizem os seus colegas;
- privilegiar a avaliação formadora que deve estar virada para a regulação da aprendizagem de cada aluno pelo docente, ou então direccionada para a auto-avaliação e auto-correcção da aprendizagem;
- estimular reflexões e raciocínios;



- incentivar a meta-aprendizagem;
- planear as actividades com base na informação recolhida da avaliação das estruturas cognitivas dos alunos;
- integrar as novas ideias dos alunos nos seus conhecimentos anteriores;
- propiciar boas relações interpessoais na sala de aula ou fora dela.

Ao criar um ambiente construtivista, o professor deve ter em linha de conta os estilos de aprendizagem dos alunos. Os autores Fernandez e Placing (2000, citados por Valadares 2001) abordam essa classificação. Assim, temos discentes:

- visualizadores, que recorrem muito aos aspectos icónicos para aprenderem;
- verbalizadores, que aprendem explicando para eles próprios e para os outros;
- perguntadores, que recorrem muito a questões colocadas aos outros;
- socializadores, que aprendem discutindo com os outros;
- ouvintes, que gostam de aprender escutando os outros.

Sendo assim, e independentemente dos estilos de aprendizagem, as estratégias construtivistas e investigativas a utilizar com os alunos deverão fazer com que estes se tornem (Jonassen e Tessmer, 1996-7):

- *activos*, para interactuarem não apenas com o ambiente mas também com os materiais de aprendizagem que lhe são proporcionados;
- *pesquisadores*, para explorarem quer os materiais, quer o ambiente de aprendizagem que lhes são proporcionados;
- *intencionais*, procurando, de um modo espontâneo e de bom grado, atingir os objectivos cognitivos;
- *dialogantes*, envolvendo-se em diálogos uns com os outros assim como com o professor;

- *reflexivos*, articulando o que aprenderam e reflectindo quer nos processos quer nas decisões tomadas;
- *ampliativos*, gerando juízos, atributos e implicações baseando-se no que aprenderam.

Particularmente, em relação ao ensino da ciência, Baird (1995) apresenta um quadro comparativo entre a prática tradicional e a prática recomendada nesse ensino (Quadro 3). Este foi retirado do documento *Science for All Students: The Florida Pre K-12 Science Curriculum Framework* (1995, p. 37), produzido pelo Florida Department of Education (1995).

Quadro 3 - Comparação entre a prática tradicional e a prática recomendada no ensino da ciência (Baird, 1995, p. 3).

| Prática tradicional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prática recomendada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ciência para alguns;</li> <li>• baseada no behaviorismo;</li> <li>• objectivos comportamentais: a aprendizagem baseia-se em comportamentos mensuráveis;</li> <li>• baseada em textos;</li> <li>• passiva;</li> <li>• investigação conformatória;</li> <li>• orientada para factos;</li> <li>• demonstração pelos professores;</li> <li>• ciência encarada como uma matéria isolada com fracas relações com a matemática, os estudos sociais, as linguagens artísticas, a arte ou a música;</li> <li>• o professor apresenta o conhecimento e os alunos aprendem-no. A comunicação tem, em geral, um só sentido;</li> <li>• uso limitado da tecnologia;</li> <li>• uso exclusivo de avaliação de papel e lápis, desligada do ensino;</li> <li>• clima de competitividade;</li> <li>• exposição;</li> <li>• muitos temas abrangidos, com pouca profundidade.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ciência para todos;</li> <li>• baseada no construtivismo;</li> <li>• objectivos conceptuais: a aprendizagem baseia-se na construção de conceitos/aprendizagem significativa;</li> <li>• <i>hands-on/minds-on</i>;</li> <li>• <i>activa</i>;</li> <li>• investigação de resolução de problemas;</li> <li>• orientada para conceitos;</li> <li>• laboratórios/experiências de campo;</li> <li>• ciência vista como parte de um mundo interdisciplinar. Ênfase colocada na relação entre a ciência e o mundo dos alunos, que não é compartimentado;</li> <li>• o professor é um facilitador da aprendizagem e também um aprendente. Os alunos são aprendentes e também professores em algumas situações. As redes de comunicação substituem formas de comunicação unidireccional;</li> <li>• integração total da tecnologia apropriada no ensino;</li> <li>• avaliação multidimensional, integrada no ensino;</li> <li>• clima de cooperação;</li> <li>• currículo em espiral;</li> <li>• poucos temas abrangidos, com maior profundidade.</li> </ul> |

A procura de estratégias para envolver os alunos de uma forma activa na sua aprendizagem deverá preocupar todos os implicados na educação científica. Essas estratégias passarão pela criação de ambientes construtivistas e todos os aspectos ligados à criação destes ambientes conduzem a um novo entendimento do clima de relação na sala de aula.

Vries e Zan (1999) são defensores da ideia de que o desenvolvimento sociomoral e afectivo das crianças influencia todos os aspectos do seu desenvolvimento e da sua aprendizagem. A posição destes investigadores é a de que, “de forma a encorajar o desenvolvimento intelectual, sociomoral e afectivo, tem de ser criado um certo tipo de contexto interpessoal” (idem, p. 151).

Deste modo, o primeiro princípio do ensino construtivista baseia-se em “estabelecer um ambiente sociomoral onde o respeito mútuo é continuamente praticado” (idem). Por ambiente sociomoral, os autores consideram “toda a rede de relações interpessoais que fazem parte da vivência da criança na escola” (idem). Por sua vez, as “relações interpessoais são o contexto para a construção, pela criança, do seu eu, dos outros e dos conhecimentos do programa” (idem).

Em seguida analisamos alguns aspectos que consideramos importantes e a ter em conta nas relações interpessoais estabelecidas em sala de aula.

### 3.2.1 A relação interpessoal

Os alunos e professores passam grande parte do tempo no contexto social da sala de aula e, como em todas as situações sociais, interagem entre si. Nessa interacção ocorrem por vezes problemas que se situam ao nível da relação com o aluno, ou têm sobre ela reflexos importantes. O acto educativo efectua-se através de uma relação interpessoal entre o educador e aqueles que educa para atingir objectivos educacionais, numa dada estrutura institucional. E os efeitos esperados desse processo dependem do modo como se estrutura e desenvolve as relações entre eles.

À medida que a organização escolar se torna cada vez maior e mais complexa e é gerida autoritariamente, as pessoas por vezes tendem a ser relegadas para a condição de meros instrumentos. O que conta, para as instâncias mais elevadas, são as actividades e os resultados, avaliados numericamente, depois de controlada a qualidade do produto. Para

compensar esta situação, constata-se a ocorrência de estruturas informais nas escolas, no seio das quais as relações podem ser personalizadas, revelando-se estas mais eficazes do que as das estruturas oficiais (Ribeiro, 1989).

Este autor acrescenta ainda que a escola, sendo um contexto da relação educativa, deveria ser uma estrutura social que assegurasse o melhor clima relacional possível. A ausência da observação desta condição conduz a um mal-estar quer nos alunos quer nos professores cujos reflexos irão influenciar negativamente o processo ensino-aprendizagem.

Sendo assim, torna-se imperioso melhorar a relação educativa; contudo isso apenas se conseguirá se a própria instituição escolar mudar. À transformação institucional deverá corresponder uma transformação das atitudes e das práticas pedagógicas e relacionais dos intervenientes (Postic, 1984).

#### 3.2.1.1 Estrutura da integração

Em qualquer relação interpessoal estão implícitas, no dizer de Schultz (1977, citado por Ribeiro, 1989, p. 137), oportunidades de interacção adequadas à satisfação das necessidades das diferentes pessoas implicadas. Assim existe a:

- *necessidade de inclusão*: interessar-se por outrém, despertar interesse em outrém;
- *necessidade de controle*: ser influenciado, influenciar;
- *necessidade de afeição*: amar, ser amado.

Nas relações interpessoais estes tipos de necessidades podem não ter o mesmo sentido, nem satisfazerem ao mesmo tempo todos os intervenientes.

São as representações mentais que cada parceiro tem da respectiva posição e papel que irão condicionar a adopção de padrões de interacção adequados ao objectivo de satisfazer as necessidades de cada um. Essas representações mentais baseiam-se na experiência pessoal de cada um e, por isso mesmo, cada parceiro envolvido numa dada relação interpessoal pode vivê-la de modo diferente.

Porém, a maior parte das vezes os parceiros estão de acordo com os padrões vigentes no contexto social e cultural onde ocorre a relação, e então reproduz-se “uma estrutura relacional prototípica”, por imposição de um dos elementos ou, então, por consenso de ambos (Ribeiro, 1989).

Esta estrutura identifica-se no modo da interacção dos parceiros. Baseando-se na posição dos sujeitos, Postic (1984) e Watzlawick (1981, citado por Ribeiro, 1989) defendem a existência de dois padrões de interacção humana. São eles:

- a interacção simétrica;
- a interacção complementar ou assimétrica.

A primeira, interacção simétrica, desenvolve-se em igualdade de posições, pelo que os parceiros adoptam comportamentos semelhantes. A segunda, interacção complementar ou assimétrica, baseia-se na diferença de posições, ocupando um dos parceiros uma posição inferior. O comportamento de cada um dos parceiros tende a complementar o outro, isto é, um pressupõe o outro, exige-o e justifica-o.

Estes autores consideram, ainda, que o facto de uma relação funcionar, habitualmente, de modo complementar, não significa que nela não possam ocorrer, eventualmente, interacções simétricas. De igual modo, numa interacção habitualmente simétrica podem suceder interacções complementares. Daí que os investigadores defendam a ideia de que a relação interpessoal não é rígida, nem estática.

A interacção complementar é, geralmente, a mais utilizada, sendo muitas vezes imposta, pois parte-se da suposição de que é a mais apropriada ao desempenho de certos papéis sociais, os quais são consequência de pressões do contexto sociocultural do meio onde nos inserimos. É o caso, por exemplo, das relações existentes entre professor-alunos (Ribeiro, 1989). Na opinião de Postic (1984) “qualquer sistema escolar traz a marca da sociedade que o produziu e está organizado segundo a concepção da vida social, dos organismos da vida económica, das relações sociais, que animam essa sociedade” (p. 13).

O poder social comanda o poder pedagógico e este, por sua vez, alimenta o poder social. O sistema escolar transforma-se num “aparelho ideológico” ao serviço do Estado (Ribeiro, 1989). Sendo assim, a relação educativa na escola não pode ser analisada independente das suas funções sociais. Elas reflectem e prefiguram as relações entre os indivíduos na hierarquia social.

### 3.2.1.2. Determinantes da relação

#### A- Estatutos e papéis do docente e do aluno

Os estatutos e os papéis são as determinantes mais próximas da estrutura de uma relação interpessoal que venha a estabelecer-se entre professores e alunos. O estatuto refere-se à posição relativa que um determinado indivíduo ocupa num dado sistema, enquanto que o papel liga-se à estrutura dos comportamentos esperados que se podem observar nos indivíduos cuja posição é definida numa organização social (Postic, 1984).

Na situação educativa, a relação entre o educador e o educando é definida quer pelas suas posições relativas num sistema hierarquizado, quer pelos papéis complementares de ensinar e aprender que lhe estão inerentes (Ribeiro, 1989).

Fundamentalmente a relação tradicional professor-aluno é uma relação de autoridade, baseada a priori numa hierarquia “aceite” por ambas as partes. Nessa hierarquia, a posição do professor é superior à do aluno, por força do poder que lhe está legitimado pela instituição e reforçada pelos poderes de recompensa e de punição, inerentes à avaliação que continua a ser inevitável no sistema educativo.

Num sistema educativo organizado na base de hierarquias a priori, o poder do professor ultrapassa o âmbito da sua função específica de ensinar. Na verdade, ele tem

um poder exclusivo sobre o conhecimento em tudo o que diz respeito à sua disciplina, incluindo elementos do currículo oculto: dá a palavra ao aluno se e quando quer, e reserva-se o direito de julgar o seu discurso. Mas, frequentemente, o professor exerce poder sobre a pessoa do aluno, vigiando e corrigindo comportamentos em nada relacionados com o seu programa. Dir-se-ia que há um “tique” característico do

*professor, que consiste em julgar continuamente os alunos a respeito de tudo.* (Ribeiro, 1989, p. 149)

Contudo, o poder do professor pode por vezes desmoronar-se face ao poder dos alunos. Na verdade, estes podem desafiar o professor ao nível do conhecimento, mas também o podem desafiar a nível da pessoa, enquanto figura de autoridade.

As correntes inovadoras em pedagogia procuram modificar a relação hierárquica dos estatutos. Cousinet (citado por Postic, 1984) defende que a uma hierarquização de posições, introduzida pelo ensino tradicional, devem opor-se as relações funcionais criadas pelas características do papel do professor, centrado na ajuda.

O docente é um conselheiro ao qual os alunos recorrem em caso de necessidade (Postic, 1984). São as características do papel do docente que definem o tipo de autoridade educativa. Com efeito, como afirma o autor:

o estatuto que confere um poder é substituído pelo estatuto que provém do exercício de uma direcção, cuja eficácia de ordem cognitiva, para a realização da tarefa, e de ordem afectiva, para o equilíbrio do grupo e das pessoas, é reconhecida pelo próprio grupo. (p. 94)

Quando o grupo educativo se constitui e os estatutos se estruturam de uma maneira bipolar, esta estrutura é devida aos papéis atribuídos inicialmente a cada um dos intervenientes no processo educativo – o professor e o aluno. Contudo, desde que o professor possibilite aos alunos a oportunidade de assumirem papéis diversificados, para prosseguirem os objectivos, a estrutura dos grupos modifica-se (idem).

O professor, ainda que tenha uma posição privilegiada para dar estímulo e animar a organização, é pelos papéis que assume que adquire um estatuto junto aos alunos. Como afirma Ribeiro (1989) “numa estrutura de papéis, o professor pode situar-se perante o aluno ao mesmo nível. É outra maneira de gerir a única diferença que inevitavelmente os separa, que é uma diferença de papel” (p. 145).

Assim, podemos falar de estatuto global dos alunos que pertencem a determinado nível de determinada via de ensino. Este estatuto depende não só da posição que o aluno ocupa na estrutura formal da turma, mas também da estrutura não formal do grupo de colegas.

O estatuto formal do aluno provém dos juízos feitos pelos docentes relativos ao trabalho desenvolvido ao longo do ano. O estatuto não formal provém das apreciações subjectivas que são formuladas e reconhecidas pelos colegas, as quais advêm das simpatias e das afinidades, ou mesmo das negociações que se verificam no interior do grupo (Postic, 1984).

No ensino tradicional, o professor pode destacar a imagem de um dado aluno, tanto no sentido positivo, como também no sentido negativo, tornando-o numa personagem facilmente identificável. Com o evoluir do tempo, essa imagem reforça-se, tornando-se facilmente visível para os outros colegas a percepção que o professor tem acerca desse aluno num dado momento, chegando mesmo a saber-se com antecedência o tipo de intervenção do professor sobre o aluno.

Assim, considera-se difícil que um aluno evolua se permanecer fechado na personagem que lhe foi atribuída e se o educador não lhe oferecer possibilidade de criar outro estatuto, baseado no papel assumido nas situações que ocorrem em sala de aula.

Acrescenta ainda Postic (1984) que não são os estatutos nem os papéis reais atribuídos o principal factor que afecta a relação entre professor e aluno, são antes as representações mentais que deles têm os actores sociais. “Há, de facto, uma representação social largamente partilhada, tanto do aluno, como do professor” (Ribeiro, 1989, p. 145).

## B- Percepções/representações e expectativas

Numa relação interpessoal, cada um dos intervenientes posiciona-se, em cada momento e ao longo do tempo, perante o outro tendo em conta o que cada um pensa do outro. Trata-se das chamadas percepções directas. Contudo, o posicionamento relativo de duas pessoas em interacção baseia-se, por vezes, em suposições do género “o que eu penso que ele pensa de mim” e “o que ele pensa que eu penso dele”, as quais correspondem a metapercepções (Ribeiro, 1989).



O modelo denominado «Janela de Johari», criado pelos psicólogos Luft e Ingham, representa o grau de percepção nas relações interpessoais. É no contacto com os outros que nos damos a conhecer e que passamos a saber mais sobre nós próprios e sobre os outros. Nesta perspectiva, podemos dizer que:

- existem áreas conhecidas por nós e pelos outros - Zona Clara ou Área de Actividade Livre;
- existem áreas conhecidas por nós e desconhecidas pelos outros - Zona Oculta ou Área Secreta;
- existem áreas desconhecidas por nós e conhecidas pelos outros - Zona Cega;
- existem áreas desconhecidas por nós e pelos outros - Zona Escura ou Área de Actividade Desconhecida (Luft, 1976).

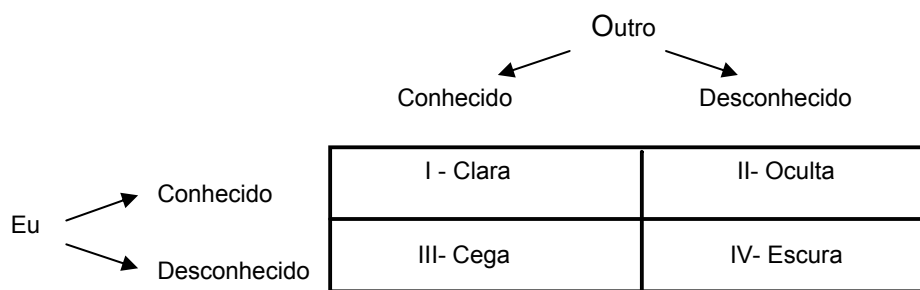


Figura 24 - A Janela Johari (Luft, 1976, p. 29).

Na Zona Clara encontram-se os dados e as experiências conhecidas pela própria pessoa e pelos outros. É uma área que se caracteriza pela partilha constante de informações entre o eu e o outro.

Na Zona Oculta situam-se as informações que sabemos a nosso respeito, mas que não damos a conhecer aos outros (por exemplo, um projecto secreto a que particularmente somos sensíveis).

Na Zona Cega encontram-se informações a respeito do nosso «eu» que ignoramos, mas que são do conhecimento do outro (por exemplo, maneira de agir, jeito de falar, estilo de relacionamento). São aspectos da nossa personalidade que os outros conhecem, mas que nós não conhecemos e, algumas vezes, nem queremos conhecer.

Na Zona Escura situam-se as facetas da nossa personalidade das quais não estamos conscientes e que os outros também desconhecem. Contudo, podemos supor a sua existência porque, ao longo do tempo, alguns elementos vêm à superfície influenciando as relações desde o início.

À medida que nos relacionamos com os outros, damos e recolhemos informações. Abrimos, aos poucos, a «Janela» do conhecimento. Nesta abertura, as percepções e as metapercepções, entendidas incorrectamente, conduzem a conflitos por vezes de difícil resolução.

Na verdade, “não há realidade absoluta mas apenas concepções subjectivas e frequentemente contraditórias da realidade” (Mugny, 1986, citado por Ribeiro, 1989, p. 146). As disposições internas das pessoas se, por um lado, estão sujeitas a mudanças, pois são fortemente influenciadas pelo contexto social de que fazem parte, por outro, não são acessíveis a uma percepção directa. Porém, quer a percepção seja objectiva ou subjectiva, ela produz uma representação mental de uma realidade que pode não corresponder à verdade. Frequentemente, nas interacções sociais, utilizamos representações que têm origem na aprendizagem social que fazemos «como esquemas a priori pré-fabricados, “prontos-a-usar”, pelo menos nas situações mais típicas ou correntes» (Ribeiro, 1989, p. 146).

Estas representações sociais funcionam deste modo como sistemas cognitivos que se utilizam quer na decodificação quer na organização da realidade, sendo utilizadas pelas pessoas para controlar as situações e para orientar as acções no meio físico e social. As representações sociais constituem um instrumento valioso, na medida em que são utilizadas pelas pessoas para uma adaptação rápida e socialmente adequada, mas também são um instrumento perigoso, pois as pessoas, ao utilizá-las, dispensam-se de controlar a sua objectividade, o que poderá ter como consequência distorções preceptivas desencadeadas por elas próprias. As relações interpessoais beneficiam das vantagens da representação social, mas também não estão imunes aos seus riscos (Ribeiro, 1989).

Os alunos e os encarregados de educação, baseando-se nos valores prevalecentes no seu meio social e mesmo segundo o seu próprio passado escolar, têm uma representação

acerca do que deve ser o professor e do tipo de relação pedagógica que deve estabelecer com os alunos. O termo representação é utilizado no domínio da psicologia social para designar o modo de apreensão de um objecto social (Postic, 1984).

Moscovici (1988) precisou o significado da representação, afirmando que se trata de “uma construção mental do objecto, concebido como inseparável da actividade simbólica de um indivíduo, ela própria solidária com o meio social onde está inserido” (p. 30). O autor destaca o carácter social das representações, na medida em que o homem não é um ser isolado. Ele está sempre a construir-se e a desconstruir-se, num movimento dinâmico através da comunicação, cuja linguagem, portadora de representações, incide sobre aspectos estruturais e formais do pensamento, possibilitando processos de interacção, influência, consenso e polémica.

Os trabalhos de Michel Gilly (1980), baseados nas representações sociais dos professores e alunos, constituem um valioso contributo para o conhecimento dos determinantes do procedimento dos sujeitos na relação educativa. Numa perspectiva cognitivista, Gilly (1980) designa representação como sendo o universo mais ou menos coerente formado pelo conjunto das apresentações a outrem e a si mesmo. As conclusões dos seus estudos acerca das representações recíprocas - o aluno visto pelo professor e o professor visto pelo aluno - levaram-no a afirmar que existem mal-entendidos nessa relação que assentam na divergência de representações de ambos.

Um aluno é sobretudo julgado pelo professor pelas características de que mais depende o seu sucesso escolar, tendo este repercussões num conjunto de valores de tipo sócio-afectivo. É o chamado efeito auréola, isto é, a tendência de ser influenciado por uma impressão geral na descrição das características de um dado sujeito.

Para Gilly (1980), o papel profissional do docente leva-o a construir, muitas vezes, a representação do aluno com base nas expectativas dos seus resultados académicos, isto porque a própria instituição escolar privilegia certos valores ligados ao sucesso escolar. Conforme o grau de sucesso escolar, o docente julga-o melhor ou pior. No caso de sucesso, o estatuto escolar prevalece sobre o estatuto sociofamiliar do aluno. Em caso de insucesso,

as diferenças familiares intervêm para atenuar as diferenças entre os alunos. Em qualquer caso, o docente dá prioridade ao critério de sucesso escolar, às informações recolhidas das observações directas, quer dos comportamentos quer dos trabalhos realizados pelos alunos em sala de aula.

Segundo Solé (2001), a origem das representações encontra-se na informação derivada da observação mútua, ainda que se tenha de ter também em conta a influência das informações recebidas: no caso dos alunos, por meio de outros colegas sobre a “fama” do professor; no caso dos professores, através das informações transmitidas sobre a turma ou sobre algum aluno em particular pelos seus colegas, nomeadamente as informações de carácter psicológico e sobre avaliação. Todas estas informações contribuem para a formação da imagem do outro que a experiência do dia-a-dia se encarrega de reforçar ou de modificar.

Enquanto o professor, na sua representação, privilegia os aspectos ligados à cognição, ao aspecto físico, à linguagem e às atitudes morais do aluno perante o trabalho implementado na sala de aula, deixando em segundo plano as qualidades afectivas e relacionais, os alunos, pelo contrário, atribuem mais importância às qualidades humanas e relacionais do docente, como a compreensão, justiça, doçura, atitudes e comportamentos que favorecem a individualização das relações que os encorajam a tomar iniciativas, etc..

A propósito das representações que os alunos formam sobre os professores, Solé (2001) destaca o papel imprescindível que os factores afectivos têm na mesma: “a disponibilidade revelada em relação ao aluno, o respeito e afecto que lhe transmitimos, a capacidade de nos mostrarmos acolhedores e positivos constituem eixos em torno dos quais os alunos constróem uma representação dos professores” (p. 41). A investigadora acrescenta, ainda, que este peso é tanto maior quanto menor for o nível de escolaridade do sujeito. Os alunos do Ensino Secundário equilibram estes factores com outros de carácter mais académico, como, por exemplo, o domínio da matéria, a clareza no discurso apresentado na aula, a capacidade de os motivar e implicar e o desempenho do docente perante situações conflituosas ou comprometedoras.

A forma como cada um se vê e as representações mútuas dos sujeitos intervenientes no processo educativo constituem elementos imprescindíveis a ter em conta, para compreender a relação que se estabelece entre os sujeitos (idem). Algumas das insatisfações recíprocas constatadas entre professor e alunos provêm de um mal-entendido assente na divergência de representações de ambos. Sendo assim, a relação pedagógica é vivida de uma maneira contraditória pelos parceiros nela envolvidos.

Por outro lado, há ainda a considerar que os professores e os alunos não se vêem apenas de determinada maneira como ainda esperam que os outros se comportem, em certo sentido, segundo esse modo de se verem. É o chamado fenómeno das expectativas. Estas foram amplamente estudadas por Rosenthal e Jacobson (1968, citados por Solé, 2001), que concluíram, de um modo geral que existe uma “relação praticamente directa entre as expectativas dos professores acerca do rendimento dos alunos e o seu rendimento efectivo” (p. 43).

Investigações posteriores, realizadas por outros investigadores como Carlier e Gottesdiener (1975, citados por Solé, 2001) e Coll e Miras (1990, citados por Solé, 2001), exploraram as condições e os mecanismos que têm influência na formação das expectativas dos professores, assim como os aspectos que determinam que essas expectativas tenham ou não impacto no rendimento dos alunos. Actualmente, Solé (2001) refere que se pensa que as expectativas chegam a modificar a conduta daqueles sobre os quais recaem. Contudo, para que tal ocorra, há que contar com factores que condicionam a formação das expectativas. Um desses factores, que aparece de forma acentuada, é o autoconceito e a possibilidade que os alunos têm de atribuir sentido e significado às situações de aprendizagem.

Já para Postic (1984), as expectativas provenientes, quer do próprio docente quer do grupo de colegas, irão afectar modos específicos da comunicação que se estabelecerá entre os intervenientes.

### 3.2.1.3 O funcionamento da relação

#### A- A comunicação entre o docente e o aluno

A investigação realizada por Tan, 1986 (citada por Moreira e Novak, 1988), revelou que os professores de Física, nomeadamente os que já têm alguma experiência profissional, são frequentemente incapazes de transmitir significados de conceitos e princípios básicos devido a falhas de comunicação na sala de aula, levando ao insucesso do aluno.

Para Fernandes (1990), a eficiência da comunicação é não apenas

interdependente da competência linguística dos receptores, mas também da capacidade motivadora do transmissor, do seu potencial relacional, da sua disponibilidade psicoafectiva, da natureza da adesão ao conteúdo e da desencadeadora representatividade dos centros de interesse dos receptores e suas apetências estimuladoras. (p. 132)

Por outro lado, acrescenta ainda este autor, é a partir dos alicerces relacionais, afectivos e socioemotivos, que mais tarde se geram correntes bilaterais de passividade ou agressividade, de domínio ou sujeição, de simpatia ou antipatia. A constatação destes sentimentos ficará a dever-se à acção de estimulação subliminar, às experiências presentes ou mesmo passadas, a informações não verbais recíprocas e, sobretudo, a contactos interpessoais estabelecidos entre professores e alunos.

A comunicação didáctica é um caso particular da comunicação humana, caracterizada por “ser um processo de ensino e aprendizagem e por ser um processo dinâmico, assimétrico, intencional e institucionalizado” (De Longhi, 2000, p. 203).

A classe, sendo uma realidade singular, é, ao mesmo tempo, complexa e nela produz-se um conjunto de relações que desencadeiam a comunicação entre os seus agentes e o conhecimento específico. As interacções e negociações entre professores e alunos, que nela ocorrem, permitem a circulação de conhecimento em contextos pessoais e institucionais que vão mudando.

Aos quatro elementos clássicos do modelo de comunicação (emissor, receptor, mensagem e contexto), na sala de aula, com o objectivo de ensinar e aprender um dado

conhecimento disciplinar, devem, segundo De Longhi (2000), agregar-se outros mais concretos. Falar de comunicação entre docente e alunos implica considerar um microsistema social num lugar e durante um período de tempo, organizado para facilitar e desenvolver este tipo de intercâmbio. Assim, na figura 25 o autor propõe uma representação da relação comunicativa, incluindo os factores que a caracterizam.

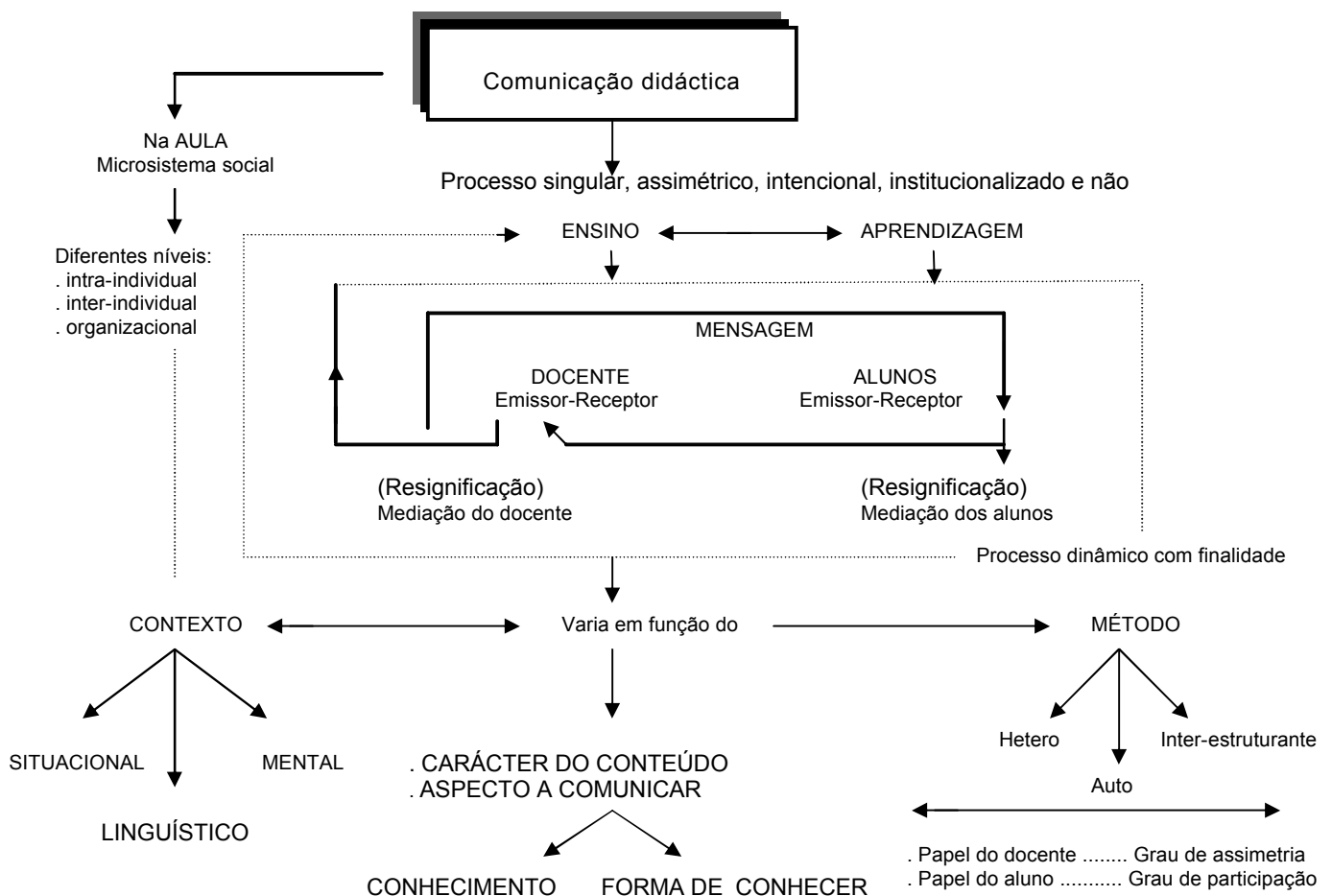


Figura 25 – Dinâmica da relação educativa e factores que a caracterizam (De Longhi, 2000, p. 203).

A comunicação didáctica é um microsistema aberto e social no qual o indivíduo não só participa como lhe dá origem. Deste modo, professor e alunos podem ser emissores e receptores conciliando a sua actuação e cognição, induzindo um canal que permita a comunicação das mensagens produzidas entre eles, como Lopez (1997) apresenta na figura 26.

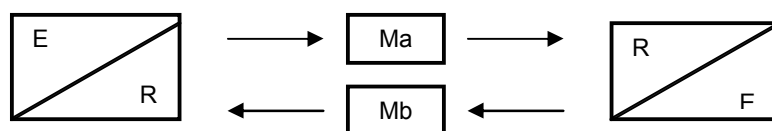


Figura 26- Esquema básico da comunicação bidireccional (Lopez, 1997, p. 209).

Todavia, esta comunicação entre professor e aluno não é totalmente repartida entre os sujeitos. O educando assume-se predominantemente como receptor, em vez de emissor, mas tem a possibilidade permanente de inverter o seu papel.

A relação entre os processos de ensinar e aprender é complementar levando a uma assimetria de funções entre o docente e o aluno, uma vez que é o professor quem desencadeia e orienta a participação do aluno. Na elaboração conjunta de um conhecimento, o professor faz valer a sua autoridade académica e funcional, impondo um ritmo em tempos de construção do conhecimento que, por vezes, não contempla as possibilidades dos alunos (De Longhi, 2000).

Segundo este autor, as investigações realizadas no campo do discurso educacional levam à conclusão de que, efectivamente, o docente controla o discurso e actua como árbitro da validade dos conhecimentos através de um conjunto de regras, umas vezes implícitas, outras vezes explícitas, que estão presentes na aula. Estas regras aludem não apenas à correspondência entre significante e significado, mas também regulam e interpretam a interacção que aí se estabelece.

Lopez (1997) diz que a eficácia do emissor no processo educativo depende essencialmente de factores altamente determinantes. São eles: a intencionalidade da comunicação e a habilidade da codificação das mensagens. Relativamente ao primeiro factor, incluem-se tanto os propósitos explícitos (conscientes), como os implícitos (inconscientes), que orientam todo o processo. A clareza da definição da meta poderá julgar a pertinência dos resultados atingidos.



O segundo factor terá implícita a capacidade linguística do emissor para utilizar diversos tipos de linguagens, de acordo com a natureza da mensagem e a capacidade de entendimento do educando, que está inserido num dado contexto social.

Supõe-se que o educador, para além do domínio cultural que tem de possuir, tenha também o domínio das técnicas concretas da comunicação, assim como o conhecimento das características do educando e do meio ambiente que o rodeia.

A este propósito, Fernandes (1990) afirma que

o professor deve compreender o aluno o mais possível na sua totalidade de pessoa e indivíduo, realidade bio-sócio-psicológica indivisível. Por isso, o professor deve conhecer os seus alunos como indivíduos e pessoas, como membros de famílias, residentes em dimensões específicas, com estilos de relações e normas de convivência e com características socioculturais próprias, e não, unicamente, como mero indivíduo biológico ou pessoa, triturada pela frieza das relações institucionalizadas e despersonalizadas pela sofisticação do tecnicismo desumanizado, exemplo vivo da destruição do homem. (pp. 151-152)

O aluno, tal como o educador, deverá ter um adequado domínio da linguagem, para compreender a mensagem, e predisposição para a aceitar. Ele ao participar numa determinada actividade específica, transita por diferentes níveis de comunicação. O primeiro é o intra-individual e intrapsicológico, que permite rever os seus conhecimentos. Mais tarde, por intercâmbio com os outros, passa a um nível inter-individual, que conduz à circulação da mensagem que se explícita e partilha na aula (De Longhi, 2000). Os níveis anteriores interactuam com um outro - o situacional -, que é fortemente influenciado pelas características da instituição em que ocorre e pelos desenhos curriculares que as regem.

Devemos também ter presente que os conhecimentos implícitos nas mensagens escolares aparecem num determinado momento histórico-cultural. O docente transporta-os para a aula, criando situações que permitem ao aluno construir significados acerca dos mesmos. Sendo assim, segundo De Longhi (2000) pode-se considerar que o diálogo na sala de ciências é regulado por três tipos de contextos: o situacional, o linguístico (Stubbs, 1984, citado por De Longhi, 2000, p. 204) e o mental (Edwards e Mercer, 1987, citado por De Longhi, 2000, p. 204).

O primeiro situa-se numa cultura, numa instituição; o segundo é o responsável pela criação do próprio discurso, relacionando-se com os códigos utilizados na linguagem da disciplina; o terceiro, por sua vez, relaciona-se com as compreensões gerais que surgem entre as pessoas que se comunicam. Este último grau diz respeito aos níveis inter-individual e intra-individual e às possibilidades de aprendizagem em grupo (De Longhi, 2000).

À medida que os alunos comunicam na sala de aula, vai ocorrendo um maior desenvolvimento de contextos linguísticos e mentais produzindo-se, conseqüentemente, um intercâmbio mais fluído. Neste caso, elaboram-se, transmitem-se e partilham-se significados, segundo os quais o docente actua como regulador do diálogo, facilitando a aprendizagem de conteúdos.

Um outro elemento que influencia o processo educacional é a mensagem que se transmite através dos canais apropriados (De Longhi, 2000). Esta, para ter significado, deve ser estruturada de forma lógica. Na comunicação educativa esta tarefa está incluída na planificação prévia feita pelo docente e no processo efectivo de comunicação, dando resposta às exigências que surgem da sua própria dinâmica. Tal estruturação pode ter diversas formas, como, por exemplo, mapas conceptuais e esquemas (Lopez, 1997).

Para além da estruturação da mensagem, também a sequência da sua transmissão pode ser decisiva para a assimilação, assim como o seu conteúdo. Deste modo, um conteúdo mais próximo da experiência do aluno permite uma maior dinâmica de interacção na sala de aula e leva a uma maior participação. Na sala de aula, o diálogo estabelecido entre professor e aluno pode centrar-se no conteúdo, mas também na forma de o conhecer, ou até no processo de o construir (seja por meio da discussão oral, por resolução de problemas ou por outro processo).

Por último, a metodologia utilizada pelo docente pode ser hetero-estruturante, auto-estruturante e interestruturante (Not, 1983, citado por De Longhi, 2000). Disto dependerá a relação comunicativa, adquirindo o docente e os alunos diferentes papéis e diferentes graus de assimetria e participação. Na hetero-estruturação o conteúdo será organizado sem a participação do aluno e ser-lhe-á imposto. Este método é considerado normativo, dogmático,

e nele o saber não é questionado, apresentando-se como produto acabado e perante o qual o aluno terá um papel passivo. Na auto-estruturação, o aluno já participa na construção do saber, encontrando-se este relacionado a experiências e necessidades da vida quotidiana. Este método é chamado iniciativo e procura melhorar a motivação do aluno.

O método interestruturante centra-se na ideia de que a partir de situações de ensino-aprendizagem organizadas pelo docente, os alunos são conduzidos à construção do conhecimento, sendo responsáveis pela aquisição do mesmo (auto-estruturação). Neste método, os factores determinantes da construção do conhecimento não residem exclusivamente no objecto, como no caso hetero-estruturante, nem no sujeito, como no caso do método auto-estruturante, mas na interacção entre ambos (De Longhi, 2000).

Mas, para que, ocorra comunicação didáctica é necessário ter em mente não apenas os aspectos referidos anteriormente, mas também proporcionar o tempo necessário para que a mesma evolua.

#### 3.1.1.4 Uma visão da relação educativa

Cunha (1996) defende a relação pedagógica como uma relação baseada essencialmente na autonomia. Para este autor, autonomia é um “conceito positivo”, na medida em que a pessoa se rege por uma lei que lhe é própria. Isto pressupõe uma espécie de liberdade, não em relação à lei, mas simplesmente em relação à lei dos outros. Como o próprio autor afirma:

o escravo submete-se à lei dos outros, o libertino não se rege por lei alguma (assim o julga), a pessoa autónoma rege-se por leis, mas leis próprias, escolhidas, interiorizadas. Diante de um acontecimento, não se pergunta apenas o que é que os outros pensam, mas o que ele acha; confrontado com um dilema moral não procura fazer o que os outros fazem, mas age de acordo com a sua consciência, com a sua lei interior. (pp. 55-56)

Investigações no campo educacional demonstram que, por um lado, não existe desenvolvimento da autonomia sem ser no contexto de uma relação de intimidade; por outro, a autonomia é provocada pela consciência de autonomia dos outros. Tanto uma situação

como a outra, para se desenvolver, necessitam de colaboração, cooperação e afectividade dos parceiros envolvidos na relação.

Neste sentido, Cunha (1996) menciona que

ao perceber que os pais têm interesses próprios, começam a olhar para eles como pessoas. Essa diferença do outro fá-los crescer na consciência de si próprios. No termo do processo, temos uma pessoa consciente de si e do seu valor que reconhece o outro como outro e que, portanto, numa dinâmica infalível e dramática, é levada a dar-se, a contribuir, a amar, a dedicar-se. (pp. 56-57)

Os pressupostos anteriores levam-nos a deduzir que a relação pedagógica não pode ser baseada numa relação autoritária e humilhante, assim como não se deve fundar na permissividade ou na gratificação permanente. Ela deve assumir-se como protectora de um desenvolvimento integral da pessoa e para isso defende um relacionamento que promova a autonomia e que conflua na colaboração entre professor e aluno.

Assim, Cunha (1996) menciona dez princípios que caracterizam a relação pedagógica baseada na autonomia, os quais se inter-relacionam e se reforçam, e simultaneamente sugerem estratégias de relacionamento entre professor e aluno, quando temos em vista o desenvolvimento da sua autonomia. São eles, o princípio:

- da fascinação - o bom professor é o que apresenta a matéria de tal maneira que o aluno se sente fascinado por ela, mobilizando as suas energias e recursos para a conhecer e tirar dela proveito;
- da expectativa - se o professor está convencido que o aluno consegue, ele conseguirá; se espera que ele aprenda, ele aprenderá; se confia que ele estuda, ele estudará. Esta expectativa transmite-se de diversas maneiras: através, por exemplo, do olhar, do sorriso, da chamada consecutiva ao quadro, etc.;
- do respeito - aquilo que o professor espera dos alunos tem de ser referenciado pelo respeito pelo seu estágio de desenvolvimento e pelos seus interesses;
- do encorajamento - por muito fascinada que a criança esteja com a matéria de ensino, se ela não sentir o apoio do professor, dificilmente conseguirá ultrapassar os obstáculos que naturalmente surgem no processo de aprendizagem;

- da compreensão - perante um conflito, o professor, antes de mais, deve questionar-se sobre quem sofre com o problema, pois a estratégia a adoptar para a sua resolução depende inteiramente da resposta que ele der à questão. Assim, se a criança for a vítima, precisará de compreensão, não de um ralhete, mas se a vítima for o professor, ou os outros alunos, então ela necessitará de ser confrontada. É a aceitação do aluno tal como é pelo professor que o pode levar a evoluir no campo da autonomia;
- da confrontação - a arte consiste em colocar o aluno perante o seu comportamento e os efeitos que daí advirão no futuro, sem no entanto o humilhar. Confrontação e desafio podem ser contínuos e realizar-se tanto individualmente como em grupo. Também neste caso a confrontação abre espaço à autonomia;
- das consequências - são as consequências das nossas acções que nos levam a caminhar por uma ou por outra direcção. Mas elas apenas nos podem dirigir se sentirmos as suas consequências, ou seja, se não formos poupados ao sofrimento ou à alegria que elas nos causam. Como explícita Cunha (1996) “a vida, em toda a severidade e rigor, é a grande mestra do desenvolvimento e da evolução da pessoa autónoma” (p. 65);
- da negociação criativa - a arte de educar na autonomia consiste no esforço contínuo de encontrar alternativas de superação em que todos ganham tudo, e não em encontrar soluções de compromisso em que todos perdem um pouco. Esta operação consiste em primeiro lugar, em reconhecer, a própria necessidade; depois em saltar para o ponto de vista do outro e reconhecer as suas exigências; por fim, alcançar-se um terceiro plano, que é o de encontrar uma solução para ambos. Compete ao professor conduzir esta negociação que, por vezes, se torna muito difícil, contudo apenas ele pode iniciar e manter esta atitude de transcendência dos próprios limites. Educar a viver com a própria autonomia em confronto com a autonomia dos outros é um processo difícil de concretizar;

- do diálogo - nem todas as ideias resultam em conflitos, nem todas as opiniões têm de chocar ou desiludir os outros. Pelo contrário, a partilha de ideias, de opiniões, através do diálogo, é o processo de aprofundar a amizade e de desenvolver o ingrediente essencial da autonomia, que “é o estar-se contente consigo próprio e com a sua maneira de ser” (Cunha, 1996, p. 67);
- da exigência - o professor deve preparar os seus alunos para uma vida de qualidade, de rigor e de extrema complexidade. Sendo assim, o melhor que pode ofertar-lhes é prepará-los para que se tornem autónomos, empreendedores e activos, de modo a que se tornem aptos para lutarem por alcançar a qualidade de vida.

Vries e Zan (1999) são defensores de que a estratégia a utilizar, para que a relação autónoma funcione, é a cooperação: cooperar, no sentido de chegar a “um objectivo comum ao mesmo tempo que se coordenam os próprios sentimentos e perspectivas com a consciência dos sentimentos e perspectivas do outro” (idem, p. 158). Daí que o motivo que conduz à cooperação entre diversos elementos se inicie “com um sentimento de afeição e confiança mútuas que se desenvolve para sentimentos de empatia e consciência das intenções do próprio e dos outros” (idem).

### 3.2.2 Trabalho cooperativo

#### 3.2.2.1 A perspectiva histórica do uso prático do trabalho cooperativo

O trabalho cooperativo tem uma rica e larga história de uso prático (Slavin, 1995, 1999). Na verdade, a ideia de agrupar os alunos, para que estes trabalhem nas aulas de um modo cooperativo e obtenham, assim, uma melhor aprendizagem, não é de agora. As suas origens remontam à Grécia Antiga: “o filósofo romano Séneca promovia o trabalho cooperativo mediante expressões tais como: “Qui Docet Discet” (“Quando um ensina, aprende duas vezes”), e Johann Amos Comenius (1592-1679) julga que os alunos beneficiam-se tanto

*ensinando como aprendendo de outros alunos*” (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 28).

Também Slavin (1995, 1999), a este propósito, afirma que “desde tempos imemoráveis, os docentes estimularam os seus alunos para que trabalhassem juntos em projectos de grupo ocasionais, em discussões, ou debates colectivos ou em outras actividades em conjunto” (p. 9).

Mas até à relativamente pouco tempo, os métodos utilizados eram geralmente informais, pouco estruturados e usados em raras ocasiões. Contudo, nas últimas décadas esta antiga técnica começou a evoluir de modo significativo, tendo a investigação sobre ela aumentado qualitativa e quantitativamente (Slavin, 1995, 1999).

Os desenvolvimentos contemporâneos tiveram início com os primeiros psicólogos educacionais e teóricos da pedagogia no início do século passado. Um desses autores é John Dewey que, no seu livro *Democracia e Educação*, apela para a importância da partilha das aprendizagens, com o objectivo de ligar mais a escola à vida em sociedade. A concepção de educação de Dewey era a de que a sala de aula deveria ser um local que reflectisse a sociedade como um todo, sendo uma espécie de laboratório para a aprendizagem da vida real. Nesta linha de pensamento, o autor explicita que:

uma sociedade é um conjunto de pessoas unidas por estarem a trabalhar de acordo com linhas comuns, animadas de um espírito comum e com referência a objectivos comuns. As necessidades e os objectivos comuns exigem um crescente intercâmbio de ideias e uma crescente unidade de sentimentos solidários. A razão de fundo que impede a escola dos nossos dias de se organizar como uma sociedade natural é exactamente a ausência desta componente de actividade comum e produtiva. (...) A instituição escolar tem (...) a possibilidade de associar-se à vida, de tornar-se uma segunda morada da criança, onde ela aprende através da experiência directa, em vez de ser apenas um local onde decora lições, tendo em vista, numa perspectiva algo abstracta e remota, uma hipotética vivência futura. (Dewey, 2002, pp. 24-26)

Nos princípios dos anos 60 os estudos efectuados no âmbito da psicologia social, nomeadamente os relacionados com a dinâmica de grupo, contribuíram para o desenvolvimento do trabalho cooperativo (Arends, 1997). Estes estudos a partir dos anos 70 intensificaram-se, revelando resultados que demonstram a sua eficácia. Hoje em dia, o trabalho cooperativo adquiriu, como diz Bessa e Fontaine (2002),

*um estatuto importante no domínio da psicologia social e da psicologia educacional, quer pelo sólido edifício teórico construído, entretanto, quer pela quantidade de investigadores que aderiram ao seu estudo, quer ainda pelo número de docentes que utiliza com regularidade o trabalho cooperativo na sala de aula. (p. 9)*

Segundo estes autores, o trabalho cooperativo veio revolucionar o pensamento e as práticas educacionais, podendo constituir uma resposta pós-moderna à forma de ensino-aprendizagem própria da modernidade, que actualmente se encontra em crise. Como designação de modernidade adoptamos a de Bessa e Fontaine (2002) que dizem ser o período em que a escola e o trabalho pedagógico aí desenvolvido obedeceram essencialmente aos interesses de uma sociedade industrial e capitalista. O desenvolvimento da industrialização e do princípio de mercado criaram condições para um tipo de ensino que se adequava às necessidades das organizações industriais, preparando as crianças especificamente para o mercado de trabalho, mais do que para o exercício da sua condição de cidadãos pertencentes a uma determinada sociedade. O modo de ensino dominante na sociedade industrial favorece, como salientam ainda estes autores (2002),

as interacções aluno-professor e inibem ou punem as interacções aluno-aluno. Cada aluno recebe os saberes e conhecimentos que o professor expõe, procurando reproduzi-los o melhor possível em provas de avaliação que recompensam o seu esforço individual, através de resultados expressos em termos quantitativos. (...). A docilidade, passividade e obediência são recompensadas, enquanto a criatividade, a espontaneidade, a iniciativa e a autodeterminação são punidas e destruídas, replicando-se nas escolas, entre alunos e professores, as mesmas relações de hierarquia e subordinação que se encontram nas empresas. (pp. 22-23)

Neste contexto torna-se difícil a implementação do trabalho cooperativo na sala de aula.

Actualmente, a época em que vivemos exige a revalorização das competências sociais dos sujeitos, ao mesmo tempo que apela para que actuem colectivamente como actores sociais no exercício de uma cidadania que se pretende activa e eficaz (Kagan, 1992, 1999). Daí ser importante que a escola proporcione estratégias de ensino adequadas aos indivíduos para que estes possam participar colectiva e democraticamente, ao invés de proporcionar um tipo de ensino que reproduza relações de hierarquia e de subordinação (Bessa e Fontaine, 2002).



Ao estruturar o trabalho lectivo em torno da cooperação entre pares, as estratégias cooperativas estão a contribuir para a formação de um novo paradigma em educação. Neste paradigma “preside o princípio da responsabilização da escola pelo aprofundamento do exercício da cidadania. Neste quadro são valorizados os aspectos sociais da aprendizagem, o que implica que a própria sala de aula se organize de forma democrática” (Bessa e Fontaine, 2002, p. 77).

Para Kagan (1992, 1994) a existência da actividade cooperativa em sala de aula é fundamental para preservar a democracia. Mais do que transmitir conhecimento e formar profissionais, a instituição escolar deve ser um local promotor de vivências que se pretendem democráticas e de aprendizagens que sejam significativas para o desenvolvimento do sujeito e para a sua afirmação enquanto cidadão (Bessa e Fontaine, 2002). Estes princípios, implícitos no trabalho cooperativo, correspondem aos desafios das sociedades contemporâneas, daí que os investigadores em educação se tenham voltado para o seu estudo cujas condições de eficácia estão a ser estudadas e definidas.

Os investigadores que mais se distinguiram como promotores deste tipo de trabalho cooperativo, foram os irmãos Johnson (David e Roger), da Universidade de Minnesota, Robert Slavin, da Universidade John Hopkins, Spencer Kagan da Universidade da Califórnia, Elisabeth Cohen da universidade de Stanford (Califórnia) e Shlomo Sharan da Universidade de Tel-Aviv, Israel (Freitas e Freitas, 2003).

### 3.2.2.2 Perspectivas teóricas subjacentes ao trabalho cooperativo

Ao longo do século passado, a psicologia foi assumindo os seus paradigmas. Após um período de orientação predominantemente behaviorista, seguindo uma linha positivista de afirmação da ciência “dura”, restrita, com certezas absolutas, verificou-se o aparecimento de correntes cognitivas, influenciadas pelas contribuições dos pesquisadores das ciências cognitivas, assim como da história e filosofia das ciências.

Estas correntes dão ênfase à análise do desenvolvimento psicológico da criança, relacionando a maturação intelectual com o desenvolvimento orgânico e explicando o conhecimento como proveniente da interacção de estruturas inatas com a experiência que o sujeito vive. O ensino puramente verbal raramente produz nos alunos conhecimento, uma vez que a sua acção em trabalhar essa informação é reduzida, dada a situação passiva em que eles se encontram. Uma coisa é informação, outra é conhecimento. Se a informação não for processada não se transforma em conhecimento.

Deste modo, as teorias construtivistas advogam os alunos como agentes de construção do seu próprio conhecimento e dão relevo aos benefícios da construção de conhecimentos novos à custa de reestruturação do conhecimento, o que se consegue melhor em grupo.

Os professores – referem Jones e Carter (2000) – começam a aperceber-se que aquilo “que faltava ao ensino individualizado para o domínio (dos conteúdos) era o impacto motivacional e mediatizador das interacções colega-a-colega” (p. 232). O movimento do trabalho cooperativo, continuam os autores, proporcionava aos professores novos modelos que conduziam, por um lado, à aquisição de objectivos, que incluíam o uso de prémios, o reconhecimento de bons resultados, e por outro uma diversidade de perspectivas e estratégias de aprendizagem fornecidas pelo trabalho de grupo. Os educadores começam a ver o trabalho de grupo como um meio bastante eficaz de servir as diversas necessidades dos alunos numa aula de ciências que normalmente é composta por uma população bastante heterogénea.

De acordo com os estudos realizados no âmbito do trabalho cooperativo, acabaram por surgir dois grandes grupos de teorias explicativas deste tipo de trabalho: o das teorias cognitivas e o das teorias motivacionais (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999; Slavin, 1995, 1999).

A orientação cognitivista produziu, por sua vez, dois tipos distintos de teorias: as desenvolvimentistas, que se devem sobretudo a Piaget e Vygotsky, e as teorias de elaboração cognitiva (reconstrução cognitiva), que ficaram a dever-se nomeadamente a

Ausubel. Os primeiros consideram relevante o modo como a interação entre indivíduos lhes permite aceder a novas competências; os segundos estão interessados na forma como a informação é retida e relacionada com outra já existente nas estruturas cognitivas dos sujeitos (Slavin, 1995, 1999; Bessa e Fontaine 2002).

Segundo Wittrock (1978, citado por Slavin, 1995, 1999), as investigações sobre a psicologia cognitiva basearam-se no estudo de como a informação dada ao aluno é retida e relacionada com outra já existente na sua memória, envolvendo-o numa reconstrução cognitiva. Assim, enquanto os cognitivistas se preocupam com o que acontece dentro de cada indivíduo, ou seja, com o factor intrapessoal, os seguidores da perspectiva motivacional centram a sua atenção no aspecto interpessoal, isto é, com o que sucede entre os indivíduos (Bessa e Fontaine, 2002). Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) situam-se na perspectiva motivacional. Eles afirmam que “a cooperação é algo que existe apenas entre indivíduos, não dentro deles” (p. 25).

A perspectiva motivacional integra três aspectos teóricos distintos: interdependência social, coesão social e comportamentalismo da aprendizagem. Alguns autores, por exemplo, Johnson e Johnson, defendem a perspectiva da interdependência social, segundo a qual os sujeitos se sentem motivados a cooperar entre si devido à existência de factores intrínsecos, associados às aspirações e ao trabalho conjunto para alcançar um objectivo significativo.

A perspectiva da coesão social adoptada por Aronson e Patnoe (1997, citado por Bessa e Fontaine, 2002) incentiva a cooperação dos indivíduos com base em factores afectivos, considerando que os alunos se ajudam uns aos outros pelo simples facto de se importarem com os colegas, e não pelo seu interesse pessoal, como sucede na interdependência social e no comportamentalismo. “O impulso apontado por estes autores é, portanto, a preocupação genuína com o grupo e os seus elementos” (Bessa e Fontaine, 2002, p. 52), daí que a utilização de incentivos ou recompensas tenda a ser rejeitada pelos autores ligados a esta corrente. Outra das características marcantes da perspectiva da coesão social é a ênfase colocada na arquitectura das actividades do grupo, na sua avaliação e na estrutura da tarefa.

Slavin (1995, 1999) divide em duas categorias as estruturas de tarefas usadas nos

métodos de trabalho cooperativo: tarefas de grupo e especialização de tarefas. No primeiro caso, a actividade do grupo é toda ela realizada em conjunto, enquanto que no segundo cada elemento do grupo fica responsável por uma parte do trabalho de grupo.

A corrente comportamentalista da aprendizagem, defendida particularmente por Slavin, destaca a necessidade de recompensas como forma de desencadear e reforçar a cooperação. Esta corrente baseia-se nos trabalhos de Skinner e de outros comportamentalistas, como Bandura. Estes investigadores assumiam como princípio fundamental que as acções estimuladas por um reforço positivo tendem a repetir-se. Assim, numa estrutura cooperativa é criada uma dada situação em que o único processo dos indivíduos poderem atingir a sua recompensa pessoal é por meio do sucesso obtido pelo grupo (Johnson, Johnson 1989, 1994; Slavin, 1995, 1999). Portanto, para satisfazer os seus próprios objectivos, os membros do grupo devem ajudar os colegas em tudo o que for necessário para alcançar o êxito conjunto e até mesmo estimulá-los para que se esforcem o mais possível. O sucesso do grupo está condicionado ao sucesso de todos os membros.

A interdependência social e o comportamentalismo centram-se nas estruturas de objectivos ou de recompensas. O conceito de estrutura de objectivos centra-se na forma como os indivíduos assumem estes objectivos e orientam os seus esforços para os alcançar; baseia-se na perspectiva intrínseca da motivação humana. Deutsch (1949, citado por Slavin, 1995, 1999) identifica três estruturas de objectivos - competitiva, individualista e cooperativa - conforme os objectivos se encontram organizados. A interdependência dos objectivos verifica-se no caso da estrutura competitiva e da estrutura cooperativa.

Na estrutura competitiva, a interdependência é negativa, pois apesar da existência de objectivos comuns, “os esforços de cada um procuram frustrar os dos outros” (p. 37). Os sujeitos alcançam resultados para seu próprio benefício em detrimento dos restantes elementos envolvidos. Contrariamente, numa estrutura cooperativa os esforços de cada um contribuem para a realização do próprio êxito e do dos colegas. Finalmente, numa estrutura individualista, os esforços individuais não têm consequências sobre os lucros alheios. Um sujeito procura o seu próprio benefício, independentemente dos outros.

O conceito de estrutura de recompensa está ligado à perspectiva comportamentalista da aprendizagem. Este conceito refere-se à forma como se organiza a distribuição de recompensas aos alunos, em função dos seus desempenhos. As recompensas são proporcionais ao desempenho do grupo como um todo.

Os teóricos motivacionais criticam a forma tradicional de aprendizagem pelo facto de a estrutura competitiva nela utilizada impedir o sucesso generalizado de todos os alunos. Na verdade, a satisfação dos objectivos e necessidades de uns ocorre à custa da privação de outros: “o êxito de um aluno diminui as possibilidades de outros” (Slavin, 1995, 1999, p. 37).

Contudo, estudos realizados apontam para o facto de os esforços de aprendizagem dos alunos, quando trabalham juntos com um objectivo colectivo, como o que acontece quando se estabelece uma estrutura de recompensas cooperativas, ajudarem os colegas a terem êxito. Os alunos estimulam a aprendizagem dos outros e chegam mesmo a definir regras que favorecem o sucesso académico do grupo. Como menciona Slavin (1995, 1999), “numa aula cooperativa, um aluno que se esforça, assiste regularmente à aula e ajuda os outros a aprender, recebe o elogio e o apoio dos colegas, o que contrasta marcadamente com o que sucede numa classe tradicional” (p. 37).

### 3.2.2.3 A prática do trabalho cooperativo

Para Orrú (s/d), o trabalho cooperativo pode ser considerado como uma técnica onde os alunos se auxiliam no processo de aprendizagem, trabalhando em conjunto, para atingirem um fim comum, e onde trocam informações entre si e como professor, desejando adquirir conhecimento sobre um determinado assunto. Já para Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) cooperar significa trabalhar juntos de modo a atingir objectivos comuns. Estes autores afirmam que

*nas actividades cooperativas, os indivíduos procuram resultados que são benéficos para eles mesmos e, ao mesmo tempo, para todos os outros sujeitos do grupo. O trabalho cooperativo é o uso educativo de pequenos grupos que permitem aos estudantes trabalhar juntos para melhorar a sua própria aprendizagem e a dos outros.* (pp. 10-11)

Piaget considera que, para haver uma cooperação verdadeira, são necessárias três condições: existência de uma escala comum de valores, conservação dessa escala e reciprocidade na interacção. Estas condições não se viabilizam nas relações em que estejam presentes factores de egocentrismo ou de coacção.

O trabalho cooperativo é hoje considerado fundamental, e é uma das características dos ambientes construtivistas, propícios a uma interiorização de aprendizagem significativa da ciência. A confirmá-lo está o sucesso que esta estratégia alternativa de ensino-aprendizagem tem obtido em diversos países (Bessa e Fontaine 2002).

Vários são os autores, como Arends (1997), Bessa e Fontaine (2002), Freitas e Freitas (2003), Fosnot (1999), Johnson, Johnson (1989, 1994), Johnson, Johnson (1999), Johnson, Johnson e Holubec, (1994, 1999), Johnson, Johnson e Stanne (2000), Kagan (1992, 1994), Sharan (1990) e Slavin (1995, 1999), que referem investigações efectuadas nesta área, investigações essas que incentivam a sua utilização no espaço escolar, contribuindo para a obtenção de melhores resultados académicos e sociais. Genericamente apontam como vantagens:

- uma melhoria:
  - das relações interpessoais (por exemplo, na comunicação, liderança, decisão, gerência de conflitos);
  - do ego dos formandos;
  - das competências, por exemplo, no pensamento crítico;
  - de atitudes e valores, nomeadamente os sociais;
  - do aproveitamento académico;

- a promoção de atitudes mais positivas perante a escola, as disciplinas estudadas, os professores, os colegas e as experiências de aprendizagem;
- maior motivação intrínseca na procura de informação necessária ao assunto abordado;
- relacionamentos heterogêneos mais positivos, ajustando-se melhor em termos sociais;
- maior capacidade de cooperação, por exemplo, na comunicação, negociação, coordenação, partilha de informação;
- menos problemas disciplinares, uma vez que existem mais tentativas de resolução dos problemas de conflitos pessoais;
- menor tendência a faltar à escola;
- aquisição das competências necessárias para trabalhar com os outros;
- experiência interessante e, simultaneamente, divertida.

A National Science Education Standards (NRC, 1996), mencionada por Jones e Carter (2000), realça ainda a importância do trabalho cooperativo na compreensão da ciência, e o incentivo para o desenvolvimento de outras capacidades e a prática de atitudes e valores que a caracterizam. Os autores acrescentam também que a investigação que emergiu do movimento de trabalho cooperativo levou os investigadores e os educadores

a uma compreensão melhor da miríade de papéis complexos, interações e comunidades que surgem quando os alunos se juntam para aprenderem ciência. O trabalho cooperativo é agora visto como uma ponte eficaz entre a tradicional centralização nos resultados e a visão construtivista social mais alargada da aprendizagem. (p. 233)

#### A- O trabalho de grupo tradicional e o trabalho cooperativo

No âmbito escolar, a aprendizagem em grupo popularizou-se com o rótulo de trabalho cooperativo (Novak, 2000); porém, é importante que se estabeleça uma distinção entre diferentes formas de utilizar o trabalho de grupo, pois “nem todos os grupos são cooperativos”

(Johnson e Johnson 1999, p. 135). Assim, uma coisa é agrupar alguns indivíduos e distribuir-lhes uma tarefa, dizendo-lhes que se ajudem uns aos outros, que partilhem os materiais, resolvam os problemas inerentes ao cumprimento da tarefa, e esperar que o trabalho apareça feito. Outra coisa é definir, estrategicamente um conjunto de princípios e regras e transmiti-los aos alunos para que estes os respeitem e cumpram, velando para que os resultados atingidos sejam os melhores (Johnson e Johnson 1989, 1994; Johnson e Johnson 1999; Johnson, Johnson e Holubec 1994, 1999).

Contudo, muitas vezes o que acontece nas escolas é que a via de trabalho de grupo seguida é a primeira, cujo rendimento é ineficaz. Tal como Johnson e Johnson (1999) afirmam, “muitos docentes que julgam recorrer à actividade cooperativa utilizam, na realidade, grupos tradicionais” (p. 135). Os alunos, para trabalharem em grupo no sentido de cooperação, devem ter formação adequada e uma prática orientada pelo educador.

No dizer de Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999), o facto de os estudantes se sentarem em grupo pode provocar “competição corpo a corpo ou esforços individualistas” (p. 13). Já Novak (2000) alerta para a necessidade de se seguirem as recomendações de David e Richard Johnson e o seu associado Qin (1995), no sentido “de se estruturar o trabalho de grupo, de modo a que cada aluno tenha um papel claro e definido a desempenhar, assegurando-se de que todos os membros de um grupo de aprendizagem participem activamente” (p. 147).

Porém, em alguns casos, os grupos “tradicionais” apresentam características próprias do trabalho cooperativo. Os investigadores Johnson, Johnson, Holubec e Roy (1984) e Johnson, Johnson, (1989, 1994) apresentam algumas diferenças entre grupos de trabalho tradicional e grupos de trabalho cooperativo. São elas:



Quadro 4 - Diferenças entre grupos de trabalho cooperativo e grupos de trabalho tradicional (Johnson, Johnson, 1989, 1994, p. 4:6).

| Grupos em trabalho cooperativo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Grupos de trabalho tradicional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdependência positiva.</li> <li>• Responsabilidade individual.</li> <li>• Heterogeneidade.</li> <li>• Liderança partilhada.</li> <li>• Responsabilidade mútua partilhada.</li> <li>• Preocupação com a aprendizagem dos outros elementos do grupo.</li> <li>• Ênfase na tarefa e também na sua manutenção.</li> <li>• Ensino directo dos skills sociais.</li> <li>• Papel do professor: observa e intervém.</li> <li>• O grupo acompanha a sua produção.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há interdependência.</li> <li>• Não há responsabilidade individual.</li> <li>• Homogeneidade.</li> <li>• Há um líder designado.</li> <li>• Não há responsabilidade partilhada.</li> <li>• Ausência de preocupação com as aprendizagens dos elementos do grupo.</li> <li>• Ênfase na tarefa.</li> <li>• É assumida a existência dos skills sociais, pelo que se ignora o seu ensino.</li> <li>• O professor ignora o funcionamento do grupo.</li> <li>• O grupo não acompanha a sua produção.</li> </ul> |

### 3.2.2.4 Caracterização do trabalho cooperativo

#### A- Elementos essenciais do trabalho cooperativo

Tal como já foi referido, “fomentar o trabalho cooperativo é mais do que simplesmente colocar os alunos a trabalhar em grupo” (Bessa e Fontaine, 2002, p. 57). Além disso, “criar grupos de actividade cooperativa não é tarefa fácil” (Johnson e Johnson 1999, p. 136). Na realidade, o processo de estruturar actividades em que os alunos trabalhem cooperativamente exige, da parte do docente, uma compreensão das componentes essenciais da cooperação e a observância contínua e disciplinada das mesmas. Essas componentes, que se interligam e que constituem um verdadeiro desafio para o docente são:

- *interdependência positiva* claramente detectada;
- *interacção promotora face a face* considerável;
- *responsabilidade individual/responsabilidade pessoal* claramente percebida para alcançar os objectivos do grupo;
- uso frequente de skills interpessoais e de grupos pequenos;
- *avaliação* do processo de funcionamento do trabalho de grupo, para melhorar a eficiência futura (Johnson e Johnson, 1994c, 1999; Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999).

Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) representam estes elementos através da seguinte figura:

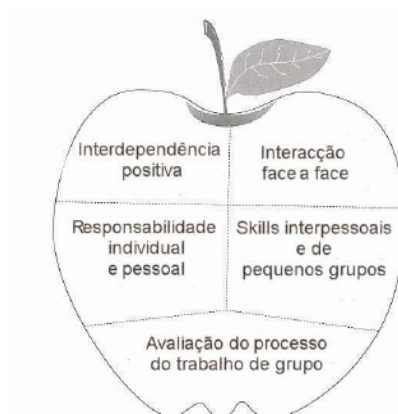


Figura 27 – Componentes essenciais do trabalho cooperativo (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 38).

Quanto ao primeiro elemento, a interdependência positiva, este resulta de objectivos mútuos. Para traduzir esta ideia podemos recorrer à seguinte metáfora desportiva: num desafio de futebol “o jogador que faz o passe e o que o recebe são positivamente interdependentes. O êxito de um depende do êxito do outro” (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 39).

Qualquer equipa, ao organizar-se, tem de o fazer de forma a que todos os seus elementos sintam que o seu desempenho será útil não apenas para si próprios, mas sobretudo para a equipa a que pertencem. Por outro lado, acresce ainda que “nas situações de trabalho cooperativo, os alunos têm duas responsabilidades: aprender o material ensinado e assegurar-se de que todos os membros do grupo também o aprendem” (idem, p. 39). A expressão técnica que os investigadores utilizam para se referir a esta dupla responsabilidade é interdependência positiva.

O eventual sucesso do grupo será partilhado por todos e ninguém o obterá a não ser que todos o desfrutem. Todos os elementos do grupo devem receber tarefas pelas quais devem ser responsáveis e ter a consciência de que, no caso de falharem, será o grupo que falha (Johnson e Johnson, 1994c).

Estes investigadores, tal como Kagan (1992, 1994), consideram cinco modalidades principais de interdependência que se podem estruturar num grupo: interdependência de

*objectivos, de recompensas, de tarefas, de recursos e de papéis*. Tentando então distingui-las diremos que a interdependência de:

- *objectivos* ocorre quando todos os elementos da equipa trabalham para alcançar uma meta comum;
- *recompensas* existe quando se concede a cada membro da equipa privilégios resultantes dos melhores resultados obtidos;
- *tarefas* existe quando a tarefa a realizar exige uma divisão do trabalho tal que as acções de um membro do grupo têm que estar completas para que o outro possa ocupar-se da sua própria responsabilidade;
- *recursos* está ligada à interdependência anterior, manifestando-se quando cada membro do grupo tem o seu recurso e, em conjunto com os outros, contribui para o desempenho da realização do trabalho que o grupo se propõe atingir, somando os seus recursos ao dos colegas;
- *papéis* ocorre quando cada elemento do grupo tem um papel que está dependente dos outros, contribuindo o conjunto de papéis para a realização da tarefa do grupo.

A estes tipos de interdependência positiva, Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) e Johnson e Johnson (1999) acrescentam ainda mais quatro:

- *identidade*, que ocorre quando os símbolos identificadores do grupo - por exemplo, um nome, um lema - são aceites por todos os membros;
- *ambiente*, que existe quando o espaço físico onde o grupo trabalha se torna um elemento solidificador do mesmo;
- *fantasia*, que se verifica através de certas actividades em que os membros do grupo estão implicados e que resultam de situações hipotéticas que exigem criatividade para que os mesmos se possam sair bem;
- entre grupos concorrentes, no caso particular de os grupos serem colocados em competição entre si, gerando uma interdependência positiva entre os diversos elementos do grupo.

A investigação conduzida por estes autores, em colaboração com outros investigadores, sobre a interdependência positiva e os seus efeitos levaram-nos a concluir que:

- *“a interdependência positiva proporciona o contexto no qual se promove a interacção;*
- *o sentimento de espírito de grupo e a interacção pessoal entre estudantes não produz um maior sucesso académico a não ser que a interdependência positiva seja claramente estruturada;*
- *a combinação de objectivos e recompensas na interdependência é maior do que apenas a interdependência de objectivos e a interdependência dos recursos não aumenta se não existe interdependência de objectivos”* (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 41).

Porém, Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) chamam ainda a atenção para o facto de que nem todos os tipos de interdependência produzem os efeitos desejados. Por vezes, surgem casos em que pode gerar-se interdependência negativa: é por exemplo o caso dos debates entre grupos - os ganhos de uma equipa implicam perdas para as outras, ocorrendo uma interdependência negativa entre equipas, embora possa ser considerada positiva entre os elementos das equipas. Estes aspectos devem ser levados em conta pelo docente na estruturação da interdependência positiva, uma vez que nem todos os tipos produzem os efeitos que se pretendem.

Kagan (1992, 1994) acrescenta que o grau de interdependência pode ser considerado fraco, médio ou forte e situar-se em relação ao sucesso individual versus sucesso de equipa ou vice-versa. Para este investigador “ocorre a interdependência positiva quando os ganhos de um indivíduo ou equipa são correlacionados positivamente” (p. 4:7).

A interdependência positiva, como elemento essencial do trabalho cooperativo, também é realçada por Orrú (s/d), Santoro (1999) e Santos e Santos (s/d), que também consideram a interacção face a face como um elemento importante. Relativamente a este tipo de interacção Johnson e Johnson (1994c), Johnson e Johnson (1989, 1994) e Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) consideram-no o elemento mais importante do trabalho cooperativo, resultado

da existência da interdependência positiva dos alunos. Para estes investigadores, esta interacção permite aos alunos estimular e facilitar os esforços de cada um para realizar as tarefas de modo a atingirem os objectivos comuns do grupo.

Estes pensadores partilham a ideia com Kagan (1992, 1994) relativamente às etapas a seguir para que a interacção entre os elementos do grupo seja a melhor possível. A primeira etapa é desenvolver o espírito de grupo, dando tempo aos elementos do grupo para se conhecerem. Na segunda etapa, deve promover-se a interdependência positiva de todas as formas possíveis. Na última etapa, assegurar-se-á a interacção entre todos os elementos do grupo, vigiando o grupo de trabalho, e assinalar-se-ão os bons resultados obtidos.

Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) consideram este aspecto da interacção como sendo aquele que mais se relaciona com as teorias construtivistas da aprendizagem, na medida em que as actividades cognitivas e dinâmicas apenas ocorrem quando os alunos se envolvem no estímulo de aprendizagem dos outros, na discussão sobre a natureza dos conceitos que estão a aprender, no ensino dos próprios conhecimentos aos colegas e na relação entre a aprendizagem presente e a anterior, entre outros aspectos.

O terceiro elemento do trabalho cooperativo – responsabilidade pessoal e individual – revela-se também importante, na medida em que aponta para a ideia de uma avaliação individual, independentemente da avaliação do trabalho de grupo. A finalidade do trabalho de grupo não é apenas que o grupo, como tal, aprenda, mas sim que tal se verifique em relação a cada um dos seus elementos. Daí,

para assegurar-se que cada aluno seja individualmente responsável por uma parte do trabalho de grupo, os docentes devem avaliar o esforço de cada membro, oferecendo feedback aos grupos e aos estudantes individuais, no sentido de evitar a realização de esforços desnecessários e assegurar-se que cada membro seja responsável pelo resultado final. Após participar num trabalho cooperativo, cada membro do grupo deve estar melhor preparado para realizar tarefas individuais semelhantes. (Johnson, Johnson, Holubec, 1994, 1999, p. 43)

Johnson e Johnson (1994c), Johnson, Johnson e Holubec, (1994, 1999) e Johnson e Johnson (1989, 1994) referem procedimentos comuns que podem facilitar a responsabilidade individual, como sejam:

- formar grupos de poucos elementos;
- realizar testes individuais;
- fazer perguntas ou mesmo solicitar a demonstração de algumas competências a determinados membros do grupo escolhidos aleatoriamente;
- observar sistematicamente e atentamente o trabalho desenvolvido pelos grupos;
- existir no grupo um estudante com o papel de verificador da aprendizagem;
- ocorrer a “explicação simultânea” em que os alunos ensinam uns aos outros o que aprenderam na sala de aula.

Sobre este último ponto, Fosnot (1999) refere alguns estudos que evidenciam a importância e a eficácia da aprendizagem feita em conjunto.

Também Orrú (s/d) aponta esta técnica como sendo eficaz no sentido de conhecer a aprendizagem realizada. Segundo este investigador, o aluno ao explicar o material elaborado por um colega, o estudante que o ouve presta mais atenção à informação apresentada e aprende mais do que se estivesse a trabalhar sozinho. Por outro lado, o aluno que explica essa matéria também a aprende eficazmente, permitindo ao docente detectar até que ponto a aprendizagem foi ou não realizada. Vygotsky (1994), por sua vez, considera também que os colegas são por vezes mais eficazes do que os adultos a ajudarem o aluno a construir significados, isto porque estão em níveis similares de desenvolvimento.

O quarto aspecto, que tem que ver com a utilização de skills interpessoais e de pequenos grupos, refere-se à comunicação e colaboração de skills entre membros de um grupo. Os grupos de trabalho cooperativo exigem que os alunos aprendam os conteúdos programáticos, assim como as necessárias habilidades interpessoais e de pequenos grupos para que o trabalho de equipa funcione. “Se não se aprendem as habilidades do trabalho em equipa, não se podem realizar as tarefas” (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 449; Johnson e Johnson, 1999, p. 126). Estes requisitos manifestam-se sobretudo na inter-relação que se desenvolve na actividade realizada no grupo.

Alguns dos skills interpessoais e de pequenos grupos têm a ver, entre outras, com a capacidade de partilhar sentimentos, de ouvir sem interromper, de esperar pela sua vez para interferir e de aceitar as ideias dos outros ainda que não se concorde com elas.

Todo o campo da dinâmica de grupo baseia-se no facto de as habilidades sociais serem a chave que induz a sua produtividade (Johnson e Johnson, 1997, citado por Johnson e Johnson, 1999).

No âmbito da psicologia social existem programas que permitem o desenvolvimento de skills sociais de alunos. Johnson, Johnson e Holubec (1994,1999) defendem a aprendizagem de determinados skills logo desde o jardim-de-infância. Estes autores advogam a existência de quatro níveis de skills cooperativos (pp. 81-85):

- de formação - relacionados com a organização do grupo de aprendizagem e com o estabelecimento de normas mínimas de conduta adequadas;
- de funcionamento - referentes à gestão do grupo no que diz respeito à realização das suas tarefas e à sustentação de boas relações interpessoais entre os seus elementos;
- de formulação - relacionados com ideias e estímulo de estratégias conducentes a elevados níveis de raciocínio e de retenção do material que se está a aprender. Incluem o “sintetizador, o “corrector”, o “responsável da elaboração”, “o ajudante de memória”, o “verificador da compreensão”, o “procurador de ajuda”, o “explicador”, o “facilitador da explicação” (Johnson, Jonhson e Holubec, 1994, 1999, pp. 83-84);
- de fermentação - de ideias que possibilitem a reconceptualização dos materiais estudados, procurando novas vias de conhecimento, estabelecendo conflito intelectual. O pensamento divergente consegue-se através da controvérsia académica.

Segundo estes autores, de um modo geral os docentes começam pelas habilidades de formação, de forma a poderem assegurar-se de que todos os membros do grupo estão orientados em direcção ao pensamento em conjunto.

As habilidades de funcionamento de um grupo ajudam o grupo a operar fluidamente e a construir relações construtivas entre os respectivos elementos. As habilidades de formulação asseguram que a aprendizagem seja de alta qualidade. Finalmente, as habilidades de fermentação, que asseguram a existência do desafio e o desacordo intelectual no grupo, são as mais complexas e as mais difíceis de dominar.

A aprendizagem de habilidades cooperativas é considerada por Johnson, Johhson e Holubec, (1994, 1999) como uma aprendizagem procedimental, semelhante a aprender a jogar ténis, golfe ou a ser piloto de aviões. Sendo assim, a aprendizagem de procedimentos e o domínio das habilidades exige, da parte do professor, o seguimento de cinco passos essenciais:

1. motivar os alunos para a aprendizagem desses skills fazendo-lhes notar a necessidade dessa habilidade;
2. assegurar que os alunos compreenderam de facto a importância da existência de determinado skill;
3. propiciar situações práticas e fomentar o domínio do skill a todos os membros do grupo;
4. permitir que os alunos avaliem o uso de determinado skill, reflectindo sobre essa prática;
5. assegurar que os discentes utilizem o skill por ele ser necessário, transformando-se numa competência interiorizada, usada automaticamente.

O desenvolvimento de todas estas competências interpessoais constituem um desafio para o educador que pretende implementar nas suas aulas o trabalho cooperativo, o qual se reflectirá na preparação dos alunos para a vida em sociedade. Kagan (1992, 1994) dedica especial atenção ao desenvolvimento de skills sociais, considerando mais frutuoso ajudar os alunos a desenvolver estes skills do que esperar que eles se desenvolvam no trabalho cooperativo.

Relativamente ao quinto elemento relacionado com o trabalho cooperativo, Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999) definem a avaliação do processo de trabalho de grupo como



sendo a “reflexão sobre uma sessão de grupo” (p. 45) com o objectivo de, por um lado, analisar quais as acções do grupo que foram úteis e as que não o foram e, por outro, tomar decisões sobre as acções que devem continuar e quais as que é preciso alterar (Johnson, Johnson e Holubec, 1994,1999; Johnson e Johnson, 1999). Neste contexto, saliente-se a capacidade decisória do grupo para encontrar novas estratégias, caso as que utilizam não resultem para atingir os objectivos pretendidos. Torna-se igualmente necessário que o docente organize o processo de aprendizagem de modo a que seja possível uma avaliação grupal, para melhorar a qualidade do grupo nas tarefas propriamente ditas e, simultaneamente, no funcionamento da própria equipa (Johnson e Johnson, 1994c).

Johnson e Johnson (1999, pp. 130-132) referem cinco requisitos a ter em conta:

1. avaliar as interacções do grupo - este momento destina-se a “avaliar a qualidade da interacção entre os membros do grupo enquanto trabalha para melhorar a aprendizagem de cada um”;
2. proporcionar feedback constante - esta etapa consiste no momento em que o grupo faz uma reflexão acerca do modo como os vários elementos trabalharam em conjunto;
3. fixar objectivos para melhorar a eficácia dos grupos - este momento permite que os elementos do grupo sugiram formas de melhorar o trabalho do mesmo, sendo, para o efeito, necessário dar tempo para a avaliação do processo;
4. avaliar o processo de funcionamento de todos os grupos em conjunto;
5. demonstrar a satisfação pelos progressos atingidos pelos alunos.

Johnson e Johnson (1999) mencionam ainda resultados de diversas investigações que demonstram os efeitos positivos da avaliação do processo, nomeadamente na motivação para as aprendizagens académicas, nas inter-relações estabelecidas entre os membros do grupo, na auto-estima e mesmo nas atitudes positivas perante os conteúdos programáticos e os professores que os leccionam.

Em síntese, Johnson e Johnson (1999) consideram fundamental para que a actividade cooperativa se realize a presença de cinco elementos-chave, que não actuam isoladamente, são interdependentes. A sua implementação conduz aos objectivos que se pretendem atingir: melhor aproveitamento académico; relações interpessoais mais positivas; melhor bem-estar psicológico e maior auto-estima (figura 28).

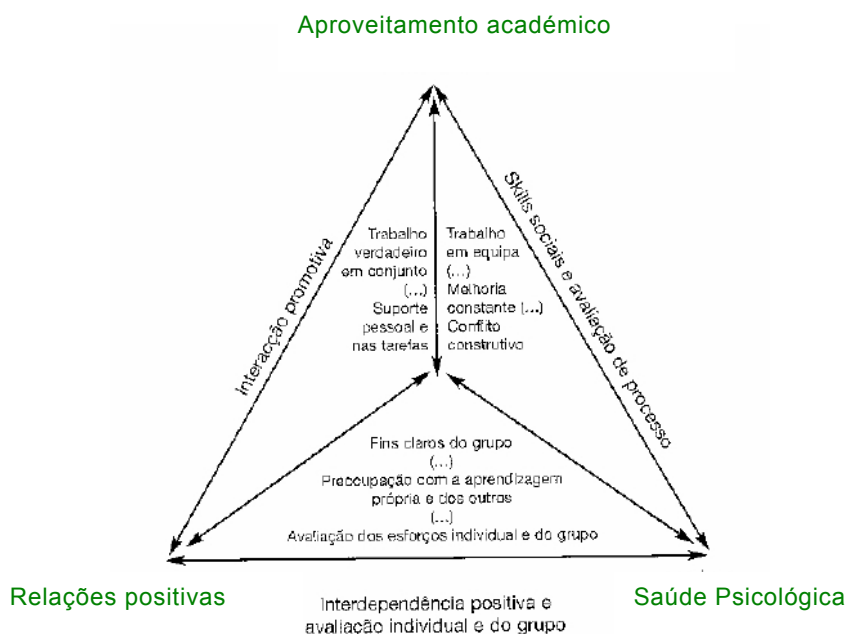


Figura 28 - Esforços integrados de cooperação (Johnson e Johnson, 1999, p. 108).

Apesar dos princípios básicos do trabalho cooperativo não se alterarem, “constata-se uma grande variedade de métodos de trabalho cooperativo que vão desde os mais concretos e prescritivos até aos mais flexíveis e conceptualizados” (Johnson, Johnson e Stanne, 2000, p. 3). Esta diversidade é um dos factores que contribui para a grande difusão e uso deste tipo de trabalho nos mais diversos contextos de aprendizagem (Freitas e Freitas, 2003). No próximo ponto apresentam-se algumas das modalidades mais praticadas e que consideramos importantes.

### *3.2.2.5 Abordagens dos modelos de trabalho cooperativo*

O desenvolvimento da investigação no domínio da actividade cooperativa ocorreu, sobretudo, a partir dos finais dos anos 60, inícios dos anos 70 (Bessa e Fontaine, 2002). Daí, que desde essa altura se possa encontrar diferentes pesquisas sobre a utilização desses métodos em sala de aula. Um desses estudos é o realizado por Johnson e Johnson e Stanne (2000), ao qual faremos referência após a apresentação dos principais métodos de actividade cooperativa.

No que se refere ao início/desenvolvimento e implementação do trabalho cooperativo iremos seguir uma sequência cronológica socorrendo-nos para tal dos métodos preconizados em Johnson, Johnson e Stanne (2000, p. 3) e Freitas e Freitas (2003, p. 46).

Esses métodos são: Aprendendo Juntos e Sós (meados dos anos 60), Investigando em Grupo (meados dos anos 70), Controvérsia Académica (meados dos anos 70), Classe Jigsaw (fins dos anos 70). A completar estes métodos existem os métodos referentes à «Aprendizagem em Equipas de Estudantes» os quais são associados à Universidade de Johns Hopkins. Em relação a estes mantemos a designação em língua inglesa por serem mais conhecidos pelas abreviaturas, tal como também fizeram alguns investigadores, nomeadamente Arends (1997), Bessa e Fontaine (2002), Freitas e Freitas (2003). Assim, temos as abordagens conhecidas por Classe Jigsaw II (início dos anos 80), Teams-Games-Tournaments (TGT) (início dos anos 70); Students Team Achievement Divisions (STAD) (fins dos anos 70); Team Accelerated Instruction (TAI) (início dos anos 80); Cooperative Integrated Reading and Composition (CIRC) (fins dos anos 80); Instrução Complexa (início dos anos 80) e Estruturas de trabalho cooperativo (fim dos anos 80). A abordagem Instrução Complexa foi desenvolvida no âmbito do Program for Complex Instruction, atribuída a Elisabeth Cohen e a Abordagem Estrutural foi implementada em universidades e centros de recursos na Califórnia por Spencer Kagan. Estes não serão tratados neste trabalho, por se aplicarem a níveis superiores.

Segundo Slavin (1995, 1999), os métodos de actividade cooperativa referentes à «Aprendizagem em Equipas de Estudantes» contemplam três conceitos considerados centrais: “as recompensas da equipa, a responsabilidade individual e a existência de igual oportunidades de êxito” (Slavin, 1995, 1999, p. 19). A contribuição individual é evidenciada no cálculo dos resultados do grupo a partir dos resultados obtidos pelos seus membros.

O método Aprendendo Juntos e Sós, por ser o método utilizado nesta investigação será objecto de uma descrição mais detalhada, enquanto que os outros serão descritos, sumariamente.

#### A- Aprendendo Juntos e Sós

Esta abordagem Aprendendo Juntos e Sós (Learning Together and Alone) foi desenvolvida por David e Roger Johnson na Universidade do Minnesota, em meados dos anos 60 (Johnson e Johnson, 1994a, Johnson e Johnson, 1999; Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999). Recentemente os autores chamaram a este método Círculos de Aprendizagem.

Tal como fizeram os autores Freitas e Freitas (2003) e Slavin (1995, 1999) adoptaremos para este método a expressão “Aprendendo Juntos” por a considerarmos mais adequada. Aliás, os próprios autores do método por vezes, utilizam também esta designação.

Trata-se de um dos métodos que mais salienta a filosofia do trabalho cooperativo, nos moldes apresentados anteriormente. É muito flexível, não existindo, ao contrário de outras abordagens, procedimentos muito concretos (Freitas e Freitas, 2003). A eficácia da sua utilização tem sido particularmente demonstrada em pesquisas que envolvem alunos que frequentam escolas desde o primeiro ao nono ano de escolaridade. As investigações revelaram, igualmente “a sua eficácia e versatilidade, relativamente às matérias curriculares envolvidas” (Jonhson e Johnson, 1985, citado por Bessa e Fontaine, 2002, p. 59). Deste

modo, a utilização deste método é indicada em matérias curriculares, como sejam a matemática, ciências, língua materna, geografia, estudos sociais ou bioquímica (idem).

Neste método, os alunos são distribuídos por grupos heterogéneos de 4-5 elementos, a quem são dadas tarefas - por exemplo, resolver uma ficha de trabalho. Para o efeito é fornecido o respectivo material, a partir do qual cada grupo elabora em conjunto a respectiva ficha. No final da tarefa cada grupo entrega ao professor apenas uma única ficha, segundo a qual o grupo será avaliado (Slavin, 1995; Bessa e Fontaine, 2002).

A estrutura-chave deste método de aprendizagem é considerada uma estrutura de objectivos (Bessa e Fontaine, 2002). Segundo Johnson e Johnson (1999) “em qualquer aula, as actividades educativas procuram alcançar objectivos e desenvolvem-se segundo uma estrutura de objectivos” (p. 18). Esta “especifica as formas de interacção dos estudantes entre si e/ou com o docente para alcançar esses objectivos” (idem). A estrutura de objectivos mais importante é a cooperação e é essa que deve ser implementada na maior parte do tempo destinado à realização de uma dada tarefa (idem). Infelizmente, “nos últimos cinquenta anos, os esforços competitivos e individualistas têm sido os predominantes na escola” (idem, p. 29). Na abordagem Aprendendo Juntos não é utilizado qualquer tipo de recompensa extrínseca (Bessa e Fontaine, 2002). Ela apresenta duas diferenças que se destacam relativamente aos métodos agrupados na «Aprendizagem em Equipas de Estudantes» (Student Team Learning). São elas: o facto de a avaliação se basear no produto obtido pelo grupo; e o facto de não serem utilizadas recompensas extrínsecas.

Os defensores do Learning Together consideram que a contribuição individual é importante para o grupo, porém, não deve resultar de uma recompensa externa. Essa prestação deve provir de um sentimento quer de interdependência quer de reciprocidade face aos objectivos definidos. Cada aluno deve sentir-se compelido a dar o seu melhor para o sucesso do grupo a que pertence.

Neste tipo de abordagem, o professor desempenha um papel de guia que acompanha o aluno (Knight e Bohlmeier, 1990; Johnson, Johnson, Holubec, 1994, 1999; Johnson e Johnson, 1994a, Johnson e Johnson 1999). Deste modo, o docente:

1. toma um conjunto de decisões prévias antes de iniciar o trabalho. Em cada actividade:
  - a) formula os objectivos educativos que se pretendem atingir com o trabalho a desenvolver, os quais devem contemplar objectivos académicos e objectivos de habilidades sociais, que especifiquem quais as habilidades interpessoais que se querem fazer sobressair durante a actividade;
  - b) decide o tamanho dos grupos, a constituição dos grupos, a forma de os constituir, quanto tempo durarão;
  - c) os papéis que os alunos desempenham no grupo que se adequam ao tipo de trabalho;
  - d) os materiais que são necessários à realização do trabalho;
  - e) o arranjo da sala;
2. explica a tarefa e a estrutura cooperativa. Em cada actividade:
  - a) apresenta a(s) tarefa(s), ensinando ou relembrando, se necessário, conceitos e estratégias indispensáveis para a realização do trabalho;
  - b) explica os critérios de sucesso, quer para o desenvolvimento das competências interpessoais, quer para a aquisição de conhecimentos;
  - c) estrutura a interdependência positiva entre os membros do grupo;
  - d) explica a necessária responsabilidade individual para a aprendizagem;
  - e) explica as condutas que espera observar nos alunos durante a actividade;
3. controla e intervém. O docente faz a monitorização dos grupos, para que a tarefa se realize correctamente e o grupo tenha um bom desempenho. Ele intervém apenas quando é preciso, para melhorar a actividade e o trabalho em equipa;
4. avalia continuamente o nível de realização de cada aluno, e do grupo, transmitindo as informações recolhidas com o objectivo de os responsabilizar ao longo do

processo. Assegura que os alunos façam a auto-avaliação do grupo em particular quanto ao funcionamento.

Em relação à constituição do grupo, Johnson e Johnson (1999) consideram não existir um grupo ideal. A produtividade de um grupo depende da forma com os elementos trabalham juntos e não de quem o integra. Contudo, estes autores mencionam que é conveniente recorrer a grupos heterogéneos, um vez que deste modo os estudantes:

- *“se expõem a diferentes ideias, múltiplas perspectivas e diferentes métodos de resolução de problemas;*
- *geram desequilíbrios mais cognitivos, que estimulam a aprendizagem, a criatividade e o desenvolvimento cognitivo e social;*
- *se envolvem num pensamento mais elaborado, dão e recebem mais explicações e adoptam com mais frequência pontos de vista pessoais para discutir o material” (p. 41).*

Todos estes aspectos aumentam a profundidade da qualidade do raciocínio, da compreensão e da retenção a longo prazo (idem).

Para além destas características, os grupos de trabalho têm como objectivos darem “suporte, ajuda, encorajamento e assistência às necessidades de cada membro para ter progresso académico (ir às aulas, fazer os trabalhos, aprender) e desenvolver-se cognitivamente e socialmente de uma forma saudável” (Johnson e Johnson, 1994a, p. 54).

Johnson, Johnson e Holubec, (1994, 1999) e Johnson e Johnson, (1994) chamam ainda a atenção para outros dois aspectos importantes. Um refere-se à necessidade de os professores terem formação no âmbito do trabalho cooperativo e o outro tem a ver com o facto de a implementação do trabalho cooperativo não se restringir à sala de aula. Na verdade, estes autores afirmam que “o tema da cooperação entre alunos é apenas um aspecto de um tema maior: a estrutura da organização da escola” (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 107).

A estrutura organizativa de qualquer escola reflecte o sistema escolar a que pertence e os pressupostos básicos sobre como devem aprender os alunos e como se lhes deve ensinar os conteúdos programáticos. Assim estes defendem a existência de uma escola cooperativa (figura 29).

O uso do trabalho cooperativo na aula é muito mais eficaz se o professor já trabalha em equipa, com os colegas, se as reuniões em que participa são estruturadas cooperativamente e se as decisões que se tomam a nível escolar surgem num contexto cooperativo.

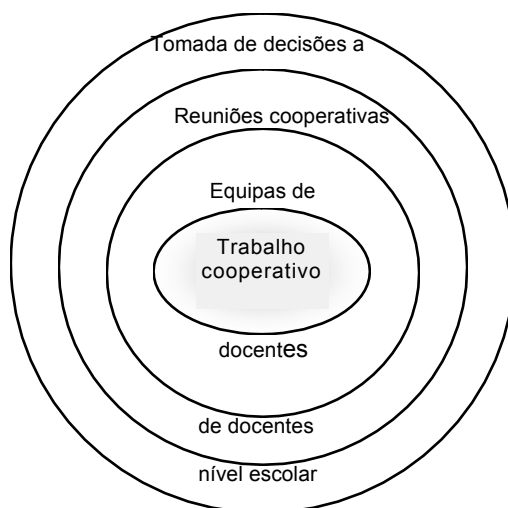


Figura 29 – A escola cooperativa (Johnson, Johnson e Holubec, 1994, 1999, p. 109).

## B- Investigando em Grupo

A Investigação em Grupo tem as suas origens em escritos filosóficos, éticos e psicológicos dos primeiros anos do século XX. Um dos primeiros defensores desta abordagem educativa foi John Dewey, que defendia a ideia da

cooperação na sala de aula ser imprescindível para se poder enfrentar os complexos problemas da vida em democracia. A aula era uma empresa cooperativa na qual o docente e os alunos constróem o processo de aprendizagem sobre uma planificação comum baseada nas respectivas experiências, aptidões e necessidades. Os alunos são participantes activos em todos os aspectos da vida escolar e tomam decisões que determinam os objectivos para os quais trabalham. O grupo proporciona o veículo social adequado a este processo. (Slavin, 1995, 1999, p. 148)



Recentemente, a Investigação em Grupo foi aprofundada e desenvolvida por Shlomo Sharan e, em parte, por Yael Sharan, na Universidade de Tel Aviv, em Israel (Slavin 1995, 1999; Arends, 1997). Diversos autores, entre eles Knight e Bohlmeier (1990), consideram a Investigação em Grupo como sendo a abordagem mais complexa de trabalho cooperativo e a mais difícil de implementar, uma vez que combina tarefas individuais por pares e em grupo. Neste método existem recompensas ao grupo, com base nas realizações de cada indivíduo.

Os autores do método advogam que esta abordagem pode ser utilizada pelo professor quando este sente que os alunos conseguem aprender as matérias trabalhando cooperativamente, tendo já antes desenvolvido competências, como as interpessoais e as comunicativas, que lhes permitirão uma maior autonomia (Sharan e Sharan, 1994, Slavin, 1995, 1999).

#### A Investigação em Grupo

requer que os estudantes usem todos os “skills” interpessoais e de estudo adquiridos em outros métodos de trabalho cooperativo e que os apliquem ao planeamento de objectivos de aprendizagem específicos. Os estudantes também cooperam na realização da sua investigação e no planeamento da integração e apresentação dos seus resultados e em conjunto com o professor colaboram na avaliação dos seus esforços académicos e interpessoais. (Sharan e Sharan, 1994, p. 97)

Este tipo de abordagem é ideal, particularmente, “para ensinar história e a cultura de um país, ou biologia da floresta tropical, não sendo adequada para ensinar o uso de mapas ou tabelas periódicas de elementos químicos” (Slavin, 1995, 1999, p. 149). Na abordagem Investigação em Grupo encontramos uma estrutura cooperativa relativamente à tarefa e à recompensa. Embora parte do trabalho seja considerado individual, a actividade do grupo é geralmente em conjunto, dependendo esta do trabalho realizado individualmente pelos membros do grupo. A estrutura de recompensa, ao atribuir um prémio ao grupo mediante os desempenhos individuais dos seus elementos, assume também um carácter cooperativo <sup>1</sup>.

### *C- Controvérsia Estruturada*

Os irmãos Johnson e Johnson são os introdutores da estratégia Controvérsia Estruturada. Para Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999), a controvérsia surge “quando as ideias, a informação, as conclusões, as teorias e as opiniões de um aluno são incompatíveis com as de outro e ambos procuram chegar a um acordo” (p. 98)<sup>2</sup>.

Entre esta abordagem e o debate existem pontos em comum (Freitas e Freitas, 2003): nomeadamente, promoverem a categorização e a organização da informação de modo a chegarem a conclusões; a apresentação, defesa e elaboração de posições, assim como os desafios relativos a diferentes pontos de vista sobre um determinado problema. Contudo, esta estratégia distingue-se do debate, onde a concorrência sobressai e se acaba por promover a adesão a pontos de vista de um modo menos assumido por cada um. Na Controvérsia Estruturada promove-se o assumir das perspectivas dos outros e a integração e síntese das diversas posições (idem).

Na abordagem Controvérsia Estruturada encontramos uma estrutura cooperativa relativamente à estrutura de objectivos. A actividade do grupo é geralmente em conjunto, dependendo do trabalho realizado por pares dos membros do grupo, pelos quais passa a rotatividade das posições favoráveis e contrárias acerca de um dado problema. No fim, o grupo deixa de estar dividido em pares e os seus membros trabalham em conjunto, para conseguir chegar a um consenso. Numa fase posterior, apresentam as suas conclusões à turma (Johnson e Johnson, 1994b, Johnson, Johnson e Holubec 1994, 1999; Slavin 1995, 1999)<sup>3</sup>.

### *D- Jigsaw*

O Jigsaw (uma espécie de puzzle de figuras recortadas irregularmente) foi desenvolvido e testado por Elliot Aronson e seus colaboradores, na Universidade do Texas, na década de

70. Mais tarde foi adaptado por Slavin e pelos seus colaboradores da Universidade de Johns Hopkins, ficando a abordagem conhecida por Jigsaw II <sup>4</sup>.

A aplicação deste método inicia-se com a distribuição, pelo professor de cartões - cartões Jigsaw -, cujo conteúdo tem a informação especializada acerca de um determinado tema, ou temas. Cada cartão contém a temática a abordar em cada subtema retirado do tema geral (Slavin, 1995, 1999, p. 170). No sentido de se promover mais interdependência de recursos “os alunos apenas têm acesso à informação dos cartões dos outros elementos do grupo através dos colegas” (Freitas e Freitas, 2003, p. 69).

Após a distribuição dos cartões pelo docente, o grupo divide-se e cada um dos seus membros reúne-se noutra grupo, sendo este formado pelos elementos dos vários grupos cuja tarefa de especialização é a mesma. Esses novos grupos de trabalho são, por vezes, chamados grupos de especialistas ou grupo de peritos.

Depois do trabalho no grupo dos especialistas, os alunos voltam à sua equipa de origem e ensinam aos outros o que aprenderam. “Só é possível a um aluno dominar o conjunto de matérias depois de ouvir as apresentações realizadas por cada um dos colegas” (Bessa e Fontaine, 2002, p. 61). Os alunos no grupo devem analisar o assunto no seu conjunto, colocar questões, sintetizar as ideias principais e, sobretudo, certificarem-se de que todos o compreenderam (figura 30)

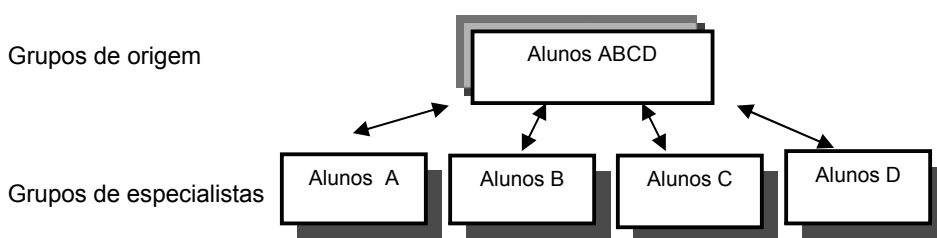


Figura 30 – Diagrama do método de Jigsaw.

Após estas reuniões e discussões de equipa, os estudantes fazem uma reflexão, individual ou em grupo, acerca do processo de trabalho realizado, identificando o que correu bem e o que deve ser alterado. Fazem ainda, individualmente, testes sobre os conteúdos dos materiais de aprendizagem, não estando prevista nenhuma recompensa com base no produto do grupo Jigsaw <sup>5</sup>.

Segundo Knight e Bohlmeier (1990)

a estrutura para incentivar o aluno neste tipo de abordagem é individualista: as avaliações dos alunos são baseadas na avaliação do desempenho individual. Consequentemente, os estudantes são individualmente responsáveis por aprender a lição inteira, embora não haja nenhum incentivo do grupo para que isso aconteça. (p. 3)

Algumas críticas ao tipo de abordagem de Jigsaw têm a ver com o facto de não existir uma estrutura de recompensa baseada no produto obtido pelo grupo. Deste modo, a “interdependência entre os vários elementos reside apenas e só na estrutura da tarefa, uma vez que todos os elementos dependem dos colegas de grupo para poderem dominar o conjunto da matéria” (Bessa e Fontaine, 2002, pp. 61-62).

Estes autores acrescentam ainda que o facto de não existir uma estrutura de recompensas baseadas no resultado do grupo não gera, segundo os proponentes do Jigsaw menos competitividade entre os alunos.

Na verdade a

organização das actividades dentro do Jigsaw torna os alunos dependentes dos colegas para poderem dominar o conjunto da matéria sobre o qual vai incidir a avaliação. Esta interdependência de recursos é, por si só, capaz de tornar eficaz o trabalho cooperativo. (Aronson e Patnoe, 1997, in Bessa e Fontaine, 2002, p. 62)

Esta posição é refutada por Ortiz, Johnson e Johnson (1996) que, em estudos realizados, verificaram que a interdependência de recursos, por si só, não era condição suficiente para melhorar os resultados escolares dos alunos, quando comparada com uma estrutura de aprendizagem individualista. Porém, segundo estes investigadores, a associação entre interdependência de recursos e interdependência de objectivos revelou-se mais convincente do que a utilização isolada da interdependência de objectivos.

## E- Aprendizagem em Equipas de Alunos

### E1- Jigsaw II

O Jigsaw II é o resultado de modificações introduzidas, pela abordagem dos investigadores da Universidade de Johns Hopkins, no modelo original de Elliot Aronson

(abordagem Jigsaw I) (Slavin, 1995, 1999). A estrutura de base de funcionamento do Jigsaw II é praticamente igual à estrutura de origem.

À semelhança do que sucede noutros métodos de aprendizagem em equipa, a pontuação obtida por cada aluno integrará a pontuação global do grupo, sendo os resultados obtidos dados a conhecer, a todos, por exemplo, no jornal de parede (Bessa e Fontaine, 2002). Esta alteração relativa à pontuação de Jigsaw I é considerada “como a mais importante de todas, uma vez que retira toda a preponderância atribuída à estrutura de tarefa no método original, substituindo-a por uma estrutura de recompensas” (idem, p. 72).

Para além deste facto, existem dois aspectos considerados relevantes que distinguem a abordagem Jigsaw II relativamente à Jigsaw I. O primeiro tem a ver com o número de elementos por grupo, que é reduzido para quatro, o segundo é o facto de se poderem utilizar os materiais de apoio habituais da disciplina, não havendo necessidade do docente elaborar textos específicos, facilitando deste modo a introdução deste método na sala de aula. Porém, esta alteração poderá fazer reduzir a interdependência entre os elementos do grupo - elemento considerado fundamental no funcionamento da versão original do Jigsaw I -, devido ao facto de haver uma maior acessibilidade ao conjunto de informações dadas (Bessa e Fontaine, 2002).

Slavin (1995, 1999) considera que “a vantagem de Jigsaw II é que todos os alunos leiam tudo, o que pode fazer com que os conceitos, ao estarem unificados, sejam mais fáceis de entender” (p. 170). O problema da redução da interdependência entre os elementos do grupo foi solucionado, pelos autores do método, através da introdução de uma estrutura de recompensas (idem).

## E2- STAD e TGT

Os STAD - Student Teams Achievement Divisions - foram desenvolvidos por Slavin e seus colaboradores na Universidade de Johns Hopkins, constituindo a abordagem mais

simples e mais clara do trabalho cooperativo (Arends, 1997). Slavin (1995, 1999) chega mesmo a afirmar que esta abordagem é “das mais simples de trabalho cooperativo, sendo um bom modelo a utilizar pelos docentes que iniciam a sua prática” (p. 85).

Os alunos da turma são divididos pelo docente em equipas de aprendizagem constituídas por “quatro elementos de diferente género, nível de desempenho e, se possível, pertencentes a diferentes grupos étnicos” (Slavin 1995, 1999, p. 20).

Após um período de tempo de trabalho em equipa, os alunos, para saberem se dominam o tema, devem responder individualmente, e sem qualquer ajuda, a um questionário sobre os assuntos abordados. Os resultados dos testes na abordagem STAD comparam-se com o desempenho dos mesmos alunos em questionários semelhantes no passado, sendo atribuída a cada aluno uma pontuação base, calculada a partir da estimativa do seu desempenho nos vários questionários. Os alunos ganham pontos para a sua equipa baseando-se estes no grau de superação relativamente à respectiva pontuação base (Slavin, 1995, 1999)<sup>6</sup>.

Em relação ao TGT - Team-Games-Tournaments -, esta abordagem foi inicialmente desenvolvida por David DeVries e por Keith Edwards que, com outros colaboradores, publicaram vários estudos sobre a sua aplicação. Slavin, mais tarde, associa-se a estes estudos, tendo sido este o primeiro método de actividade cooperativa realizado na Universidade Johns Hopkins.

O TGT é idêntico ao STAD, usando o mesmo funcionamento relativamente à constituição e ao funcionamento dos grupos, assim como ao papel que o professor desempenha. A diferença essencial entre os dois métodos reside sobretudo no modo como os alunos demonstram o seu grau de mestria na realização das tarefas. No caso do STAD, os alunos são sujeitos a questionários individuais no final de cada actividade, no TGT os alunos participam em torneios académicos semanais com membros de outras equipas, para conseguirem pontos para os seus grupos. Estes torneios ocorrem geralmente no final de uma semana de trabalho, depois de o docente ter feito a apresentação da matéria e de, os

diversos grupos terem trabalhado fichas ou outros materiais relacionados com a matéria leccionada (Slavin, 1995, 1999).

Os alunos são distribuídos pelas várias mesas do torneio, de modo a que em cada uma delas estejam alunos com graus de mestria semelhantes, para que a competição seja justa. Apesar desta regra ser um critério na distribuição dos alunos, ela não lhes é explicitamente revelada (figura 31).

Deste modo, teremos grupos iniciais heterogêneos e, nas mesas, grupos homogêneos (Knight e Bohlmeier, 1990).

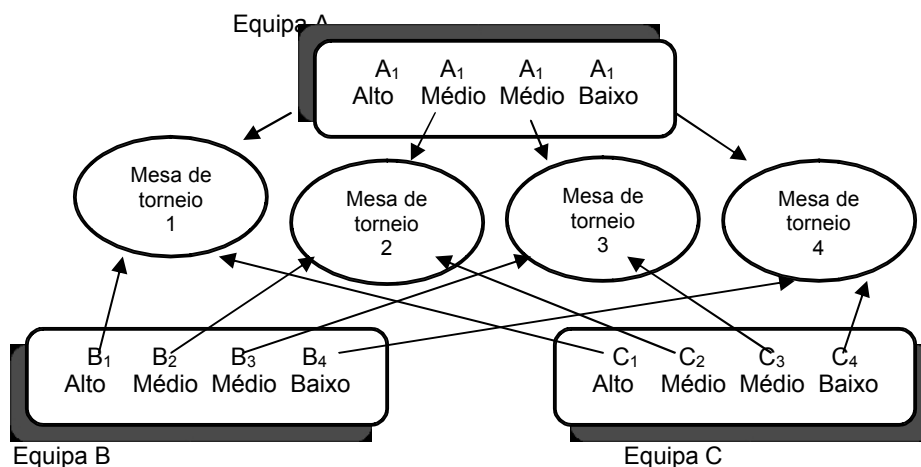


Figura 31 -Formação das mesas do torneio (Slavin, 1995, 1999, p. 108).

Após a realização de cada torneio os alunos trocam de mesa segundo o seu desempenho individual. O melhor classificado em cada mesa passa a competir numa mesa ocupada por alunos de um nível superior; o que obteve a segunda pontuação deixa-se ficar na mesma mesa; e o que teve pior classificação irá competir com outros que também tiveram má classificação e que se encontram numa outra mesa. Deste modo, os alunos que tenham ficado mal situados no primeiro torneio, poderão ascender ou descer, até atingirem o seu verdadeiro nível de desempenho (Slavin, 1995, 1999)<sup>7</sup>.

Comparativamente ao STAD, a realização dos torneios no âmbito da abordagem TGT evidência uma maior dimensão de entusiasmo e excitação por parte dos alunos (Slavin, 1990, 1995, 1999), porém, é possível que com esta abordagem existam mais problemas em termos de barulho e funcionamento da própria aula.

Os STAD e os TGT enfatizam o recurso a uma estrutura quer de objectivos, quer de recompensas, e em que o sucesso individual apenas será alcançado se todos os membros forem igualmente bem sucedidos. Ao fazer-se depender o sucesso do grupo das contribuições individuais de cada elemento, é introduzido um factor de responsabilidade individual e, ao mesmo tempo, de pressão intragrupal, com o fim de obter uma melhoria significativa do desempenho e alcançar o sucesso através da interajuda, no sentido de garantir que cada membro possa ser capaz de desempenhar bem as tarefas propostas na avaliação individual, onde não pode contar com o apoio dos pares.

As pontuações alcançadas por cada um dos membros contribuem para a pontuação geral da equipa, constando os resultados, por exemplo, de um painel de parede. As equipas podem ganhar recompensas, se ultrapassarem os critérios de sucesso estabelecidos.

Um outro aspecto importante que se prende com a utilização destes dois tipos de abordagens é que todos os alunos, quer tenham “um bom, médio ou fraco desempenho, são igualmente desafiados a fazerem o seu melhor e o contributo de todos os membros do grupo será valorizado” (Slavin, 1994, p. 4).

### E3- TAI e CIRC

O TAI - Team Assisted individualization - foi o primeiro método desenvolvido especificamente para uma disciplina, a Matemática.

Slavin (1990, 1995, 1999), Slavin e Madden (1994) pretendiam, como afirmam,

combinar o poder motivacional e a assistência de pares do trabalho cooperativo com um programa individualizado de instrução capaz de proporcionar a todos os estudantes materiais adequados ao seu nível e skills em matemática, permitindo-lhes explorar esses materiais ao seu ritmo. (Slavin e Madden, 1994, p. 21)

Sentiu-se que tal abordagem permitiria aos alunos moverem-se mais rapidamente nos conteúdos de Matemática do que em aulas tradicionais. Estudantes com dificuldades de aprendizagem poderiam ganhar capacidades necessárias para cada unidade temática, e não



seriam deixados para trás pelo seu ritmo de aprendizagem, enquanto os alunos médios e de alto nível, sem dificuldades de aprendizagem, poderiam avançar na Matemática. Esta seria a grande vantagem desta abordagem, a possibilidade de os alunos trabalharem segundo o seu ritmo (Bessa e Fontaine, 2002).

Uma outra razão que levou ao desenvolvimento do TAI tem a ver com facto de se ter sentido que

combinando a instrução programada com o trabalho cooperativo e virando a maioria das funções da gerência dos materiais (por exemplo, pontuação das respostas, localizar e arquivar materiais, mantendo os registos, atribuir um trabalho novo) para eles próprios, vários problemas poderiam ser resolvidos. (Slavin, 1990, p. 263)

Com efeito, os alunos, ao terem a responsabilidade de assegurarem a maioria das verificações e gerência, permitiriam que o professor ficasse livre de certas tarefas de gestão do trabalho individualizado que, de outro modo, lhe pertenciam. Sendo assim, ao docente restaria mais tempo para um auxílio directo aos alunos, podendo mesmo, durante o tempo das aulas, leccionar diversos temas aos vários grupos.

Uma terceira razão que levou ao desenvolvimento e aplicação do TAI tem a ver com os efeitos sociais característicos do trabalho cooperativo: a preocupação do docente com os problemas ocasionados pela inclusão de alunos com necessidades educativas especiais em classes regulares e a formação de classes heterogéneas (não apenas academicamente mas de integração social) desaparecem (Slavin, 1990).

Relativamente aos métodos abordados anteriormente, o TAI distingue-se pelo facto de os alunos, após realizarem um teste diagnóstico sobre operações em Matemática, serem colocados num programa adequado ao seu nível, o que permite uma individualização relativamente aos percursos escolares. Depois de os alunos terem sido colocados num programa de individualização adequado ao seu nível, o professor apresenta o assunto a estudar. Após essa apresentação, os alunos vão trabalhar em equipa com base nos materiais fornecidos, que estão organizados por unidades e devidamente orientados. Estes grupos de alunos mudam de oito em oito semanas.

Durante a aplicação desta abordagem, os elementos do grupo ajudam-se mutuamente na resolução de problemas e no controlo do trabalho realizado pelos colegas, com base em folhas-resposta com as soluções dos problemas estudados. Os alunos são, assim, incentivados a pedir ajuda dentro das suas equipas antes de o fazer ao professor (Slavin, 1995, 1999).

Este trabalho em conjunto permite aos alunos, não só desenvolverem competências, como serem capazes de determinar o momento em que se encontram aptos para serem avaliados. Nessa altura, são sujeitos a uma ficha formativa e, posteriormente, a um teste de avaliação, caso a informação resultante da ficha formativa seja positiva. Tanto na ficha formativa como no teste os alunos trabalham sozinhos. A correcção da ficha formativa será pontuada por um colega de equipa.

A vigilância e correcção dos testes finais caberá aos monitores, que podem ser alunos de anos de escolaridade superiores ou de uma equipa diferente. Caso a classificação da ficha formativa ou do teste seja reduzida, estes são dados ao professor que se encontra na sala com o aluno para diagnosticar e superar os seus problemas.

No fim de cada semana, o professor calcula o resultado da equipa com base na média de unidades conseguida por cada elemento da mesma e pela exactidão dos testes das unidades. A pontuação de cada grupo, tal como acontece nos STAD e TGT, obtém-se a partir das contribuições de cada elemento, em função da sua evolução individual. Aos grupos que atinjam determinado critério de evolução ser-lhes-á atribuído uma recompensa (Slavin, 1990).

O CIRC - Cooperative Integrated Reading and Composition - foi desenvolvido atendendo ao sucesso do TAI, e tendo presente que leitura e escrita são também dois campos básicos na educação elementar, embora de aproximação diferente relativamente à matemática. Nesta abordagem, os alunos são distribuídos por dois ou três grupos distintos, de acordo com o seu nível de competência, relacionado com a leitura (Slavin 1995, 1996). Habitualmente cada grupo é constituído por oito a quinze estudantes. Dentro desses grupos de leitura, os alunos são distribuídos por pares ou trios. Por fim, formam-se grupos heterogéneos de quatro ou

cinco elementos, combinando pares ou trios com diferentes níveis de competência de leitura (Slavin 1995, 1999).

Slavin (1990) dá como exemplo que

uma equipa pode ser composta por dois estudantes do grupo superior de leitura e por dois do grupo inferior. Os alunos academicamente em desvantagem, e que necessitam de ser corrigidos nos pontos principais de leitura, são distribuídos pelas equipas. (p. 272)

O trabalho desenvolvido nos grupos está centrado na actividade dos pares/trios, embora os alunos possam contar com o apoio dos restantes elementos. Na maioria das vezes, as equipas trabalham independentemente do professor, que ensina a leitura a alunos extraídos das várias equipas existentes ou então trabalha com alunos isolados.

A aplicação do CIRC envolve um ciclo regular de actividades, normalmente semanal, que vão desde “a apresentação da matéria pelo professor, treino em grupo, treino individual, pré-avaliação pelos colegas, treino adicional (se necessário), e avaliação” (Slavin 1995,1999, p. 138). O resultado obtido por cada aluno na respectiva avaliação contribui para a pontuação do grupo, que por sua vez define a atribuição de recompensas. Tal como no TAI, e segundo os resultados obtidos pelas equipas, estas são designadas por super-equipas (pontuação elevada); grandes equipas (pontuação média) e boas equipas (pontuação baixa) recebendo certificados apenas as duas primeiras.

Este programa envolve tarefas estimulantes do ponto de vista cognitivo, incluindo actividades como a leitura, o resumo das principais ideias do texto, a formulação de conclusões de narrativas, a comparação e a contrastação de ideias, actividades de escrita, correcção de erros de leitura e ortográficos, investigação do significado de novas palavras, entre outras (Slavin, 1990, 1995, 1999). Todas estas tarefas são sujeitas a avaliação, que contribui para dar forma a uma contagem da equipa.

Contudo, alguns problemas se colocam face à abordagem destes dois métodos. Um deles prende-se com a “exequibilidade na prática do programa, que exige a existência de monitores para que o docente possa, durante o período das aulas, leccionar matérias a vários

*grupos*” (Bessa e Fontaine, 2002, p. 73). O outro “poderá implicar que o plano curricular da disciplina não seja cumprido por todos os alunos, sobretudo aqueles com mais dificuldades” (idem, p. 73). Porém, segundo os investigadores, poder-se-á superar esses problemas se se implementar este método nas aulas de Estudo Acompanhado.

Em jeito de síntese, aos vários métodos de trabalho cooperativo apresentamos alguns aspectos comuns no quadro 5. A sua construção foi baseada em autores como Bessa e Fontaine (2002, p. 75) e Slavin (1995, 1999, p. 19-32).

Quadro 5 – Dimensões do trabalho cooperativo nos seus diversos métodos (Bessa e Fontaine, 2002, p. 75).

| <del>Métodos</del><br>Dimensões | STAD                                                     | TGT | Jigsaw II                                                                                           | CIRC                       | TAI          | Jigsaw I                                                                                                                     | Aprendendo Juntos       | Investigando em Grupo                | Controvérsia Construtiva * |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Escolaridade-alvo               | 2º ao 12º ano                                            |     | 3º ao 12º ano                                                                                       | 2º ao 6º ano               | 2º ao 9º ano | 5º ano ao ensino superior                                                                                                    | 1º ao 9º ano            | 2º ao 9º ano                         | Ensino sec. e superior     |
| Matérias de estudo              | Generalista, desde que as tarefas sejam de solução única |     | Literatura estudos sociais e ciências desde que a informação proceda da leitura de livros ou textos | Línguas, leitura e escrita | Mate-mática  | Literatura, estudos sociais e ciências desde que a informação proceda da leitura de textos e possa ser dividida pelos alunos | Generalista             | Literatura, línguas, estudos sociais | Generalista                |
| Estrutura-Chave                 | Estrutura de recompensas                                 |     |                                                                                                     |                            |              | Estrutura tarefa                                                                                                             | Estrutura de objectivos | Estrutura tarefa                     | Estrutura de objectivos    |
| Tipo de Tarefa                  | Tarefa de grupo                                          |     | Especialização tarefa                                                                               | Tarefa de grupo            |              | Especialização tarefa                                                                                                        | Tarefa de grupo         | Especialização tarefa                | Tarefa de grupo            |

\* coluna introduzida por nós.

Relativamente à faixa etária em que os métodos podem ser aplicados, constata-se que é bastante alargada. De um modo geral, são aplicados ao longo do Ensino Básico, e a sua escolha difere do tipo de matéria a explorar na sala de aula, da estrutura-chave que se implementa, e do tipo de tarefa pretendido.

Actualmente existem já algumas investigações específicas sobre os vários métodos de actividade cooperativa. Destacamos as indicadas por Slavin (1995, 1999) e por Johnson, Johnson e Stanne (2000). O primeiro investigador apresenta sínteses sobre diversas investigações incidindo nos vários métodos descritos anteriormente, excepto o da

*Controvérsia Construtiva*. Os resultados aí obtidos revelaram que os métodos incluídos na categoria «Aprender em Equipas de Estudantes», produziram maiores benefícios relativamente à aprendizagem de conteúdos.

Já os investigadores Johnson, Johnson e Stanne (2000) analisaram 164 estudos, tendo também encontrado evidências que apontam para os benefícios da actividade cooperativa em termos de melhorias de resultados escolares, quando comparada a outros tipos de actividades mais tradicionais. As abordagens cooperativas que conduziram a melhores resultados foram Aprendendo Juntos e Controvérsia Construtiva. O método TGT de Slavin situou-se logo a seguir. Estes pesquisadores procuraram ainda investigar, de entre os métodos existentes, aquele que melhor tem definidas as orientações que os professores devem seguir (métodos directos), assim como os que têm estruturas organizativas que servem de guia para os docentes preparem as suas aulas (métodos conceptuais). Deste modo, os métodos de abordagem cooperativa foram analisados em cinco dimensões. Os métodos foram seriados por dois especialistas, psicólogos, utilizando uma escala de cinco pontos. A seriação, do método mais conceptual para o método mais directo, foi a indicada no quadro 6.

Quadro 6 - Avaliação dos métodos de abordagem cooperativa (adaptado de Johnson, Johnson e Stanne, 2000, p. 10).

| Dimensões<br>Métodos     | Facilidade de aprender a usar o método | Facilidade em iniciar o seu uso | Facilidade em usá-lo durante um longo período | Aplicabilidade a vários assuntos e graus de ensino | Adaptabilidade a diferentes contextos e condições | Total em pontos |
|--------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------|
| Aprendendo Juntos        | 5                                      | 5                               | 5                                             | 5                                                  | 5                                                 | 25              |
| Controvérsia Construtiva | 5                                      | 5                               | 5                                             | 4                                                  | 4                                                 | 23              |
| Investigando em Grupo    | 5                                      | 5                               | 3                                             | 2                                                  | 2                                                 | 17              |
| Classe Jigsaw            | 2                                      | 2                               | 3                                             | 3                                                  | 3                                                 | 13              |
| TGT                      | 3                                      | 3                               | 1                                             | 2                                                  | 2                                                 | 11              |
| STAD                     | 2                                      | 2                               | 1                                             | 2                                                  | 2                                                 | 9               |
| TAI                      | 2                                      | 2                               | 1                                             | 1                                                  | 1                                                 | 7               |
| CIRC                     | 2                                      | 2                               | 1                                             | 1                                                  | 1                                                 | 7               |

Estes investigadores chegaram à conclusão que quanto mais conceptual era o método utilizado, mais significativos eram os seus efeitos na aprendizagem. Contudo, será necessário um maior número de estudos para confirmar esta relação.

Como referimos anteriormente, o modelo adoptado nesta investigação foi o modelo Aprendendo Juntos, desenvolvido por David e Roger Johnson. As razões desta escolha tiveram a ver com o facto de ter sido aquele que mais nos chamou a atenção, quer pela revisão de literatura que fizéssemos sobre o assunto, quer pelos resultados obtidos no estudo empírico apresentado por Johnson, Johnson e Stanne (2000), quer ainda por ser aquele que nos pareceu mais adequado à tarefa que nos propunhamos realizar. Na nossa escolha teve ainda influência o facto de ser a técnica com a qual nos identificámos mais. Neste contexto seguimos a recomendação de Freitas (1997) que afirma:

os professores devem adoptar uma atitude flexível quanto às técnicas a usar. Não só há muitas experimentadas e eficientes, como podem ser criadas muitas outras igualmente eficazes. Talvez uma regra de ouro seja “usar aquelas técnicas com as quais sinta que trabalha melhor. (p. 173)

Em Portugal, a abordagem cooperativa integra-se nos princípios orientadores quer da reorganização curricular do Ensino Básico, quer da revisão curricular do Ensino Secundário. A nível oficial, os documentos Decreto-Lei 6/2001 e 7/2001 apresentam explicitamente referências às actividades cooperativas de aprendizagem em sala de aula.

Para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem, utilizando como estratégia a actividade cooperativa, ou outro tipo de abordagem, a avaliação educacional é considerada como sendo um aspecto decisivo. Segundo Valadares e Graça (1998), “a sua função estruturante deverá estar presente no quotidiano escolar, nomeadamente ao nível da regulação das práticas pedagógicas, das aprendizagens dos alunos e das relações com a comunidade” (p. 34). É sobre ela que nos expressamos em seguida.

### 3.2.3 A avaliação das aprendizagens dos alunos

#### 3.2.3.1 Algumas considerações gerais

No âmbito do ensino em geral e da avaliação educacional, em particular, a avaliação das aprendizagens dos alunos é uma questão fundamental. Coll e Martín (2001) consideram que

*“avaliar as aprendizagens realizadas pelos alunos equivale a verificar até que ponto é que eles desenvolveram e/ou aprenderam determinadas capacidades, como consequência do ensino que receberam”* (p.201).

Nos últimos anos, as questões sobre a avaliação foram adquirindo um protagonismo cada vez maior. Entre as várias razões capazes de explicar este protagonismo,

há uma que se destaca pela sua proximidade e, também, pela vivência directa que nos proporciona o exercício quotidiano da docência: há poucas tarefas que nos coloquem tantas dúvidas e que possam criar tantas contradições aos professores, independentemente do nível de ensino em que se exerça a profissão, como as relacionadas com a avaliação e com as actuações e decisões que lhe digam respeito. (Coll e Martín, 2001, p. 196)

Ausubel et al. (1980) defendem a ideia de que a avaliação é um conceito central no processo de aprendizagem em sala de aula. Os motivos que os autores apresentam têm fundamentalmente a ver com:

- a importância atribuída à verificação do que o aluno já conhece antes da leccionação de um dado conteúdo;
- a verificação da aprendizagem efectuada pelo aluno para o poder corrigir, esclarecer e até consolidar;
- a constatação da eficácia dos métodos utilizados no ensino, averiguando até que ponto os objectivos foram alcançados.

Neste sentido estes investigadores defendem a ideia de que a avaliação é necessária em qualquer sequência instrucional, devendo ser realizada em três momentos: no início, durante e após o terminus da sequência instrucional. Acerca destes momentos eles explicitam que:

em primeiro lugar, devemos decidir quais os resultados da aprendizagem que se deseja induzir, e depois estruturar o processo instrucional de acordo. Em segundo lugar, é necessário determinar o grau de progresso em relação ao objectivo durante o curso da aprendizagem – tanto como retroalimentação para o estudante quanto como meio de vigiar a eficácia da instrução. Finalmente, é importante avaliar os resultados últimos da aprendizagem em relação aos objectivos, tanto do ponto de vista do rendimento dos alunos como do ponto de vista dos métodos e materiais de ensino. Com este tipo de informação retroalimentadora estamos na posição ou de modificar o programa instrucional ou de redefinir nossos objectivos, se estivermos convencidos que são pouco realistas. (Ausubel et al., 1980, p. 500)

Estes autores são muito críticos quanto à avaliação que é aplicada nas escolas, sugerindo que a mesma não facilita a aprendizagem. Este ponto de vista é fundamentado pelo facto de que aos discentes só serem

dados exames finais e apenas se relatar aos alunos os resultados numéricos sem comentários, explicações, especificação de forças e fraquezas componentes ou uma oportunidade para identificar e corrigir erros. Tais exames encorajam o estudo de última hora, oferecem um retrato não representativo do rendimento dos alunos e propiciam um “fechar do livro” tão logo as notas sejam divulgadas e frequentes. (idem, p. 507)

Avaliar, em educação, e ainda segundo Ausubel et al. (1980), significa emitir juízos de valor, examinar os resultados educacionais, de modo a saber se vão ao encontro dos objectivos educacionais definidos.

A ideia destes autores de que avaliar é emitir um juízo de valor, é igualmente partilhada por Hadji (1994), que define também a avaliação como sendo um acto pelo qual se formula um juízo de valor acerca de um objecto por meio de um confronto entre duas séries de dados que são postos uns em relação aos outros. Para este educador existem dois tipos de dados:

- os que são da ordem do facto em si, e que dizem respeito ao objecto real que se pretende avaliar;
- e aqueles que são considerados da ordem do ideal, que têm a ver com as expectativas, intenções ou projectos que se aplicam ao mesmo objecto.

O processo de avaliação caracteriza-se por uma dupla articulação:

- entre o referido e o referente, uma vez que “avaliar consiste em atribuir um “valor” (ou, numa acepção mais lata, um «sentido») a uma situação real à luz de uma situação desejada, ao confrontar assim o campo da realidade concreta com o das expectativas” (idem, p. 32);
- entre o referido e o referente, e as “realidades” que cada um representa. Na verdade, “é preciso construir o referente e o referido” (idem). O referido é formado por um conjunto de dados observáveis considerados representativos do objecto estudado e que servem para produzir informação para a avaliação. O referente é uma representação de um modelo “ideal” que articula as intenções consideradas



mais significativas em referência a um ou mais projectos, e a partir das quais se vão estabelecer normas e critérios de apreciação.

Esta dupla articulação na operação de avaliação é traduzida na seguinte figura:

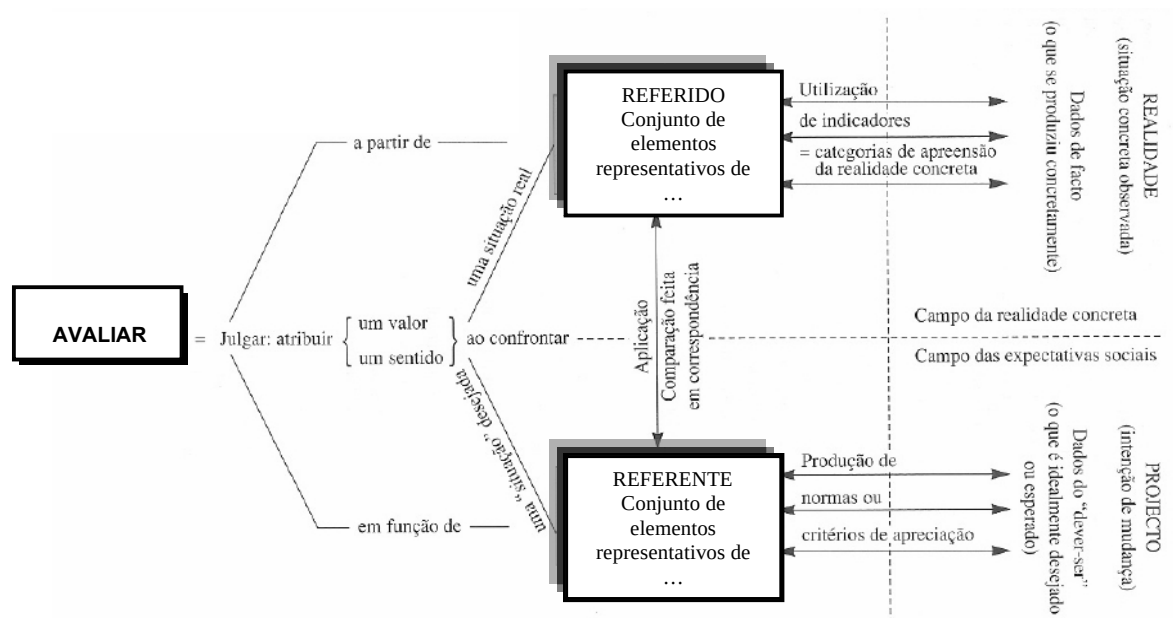


Figura 32 - A dupla articulação na operação de avaliação (Hadji, 1994, p. 33).

Sobre os referentes (norma e critério), Valadares e Graça (1998) defendem, ainda, que apesar de existirem diferenças entre a avaliação normativa e a avaliação criterial estes dois tipos de avaliação não são dicotómicos. Em sala de aula "faz-se muitas vezes uma dupla interpretação procurando-se ao mesmo tempo avaliar a consecução de cada aluno face a este ou àquele objectivo e discriminar os alunos no que respeita ao seu grau de consecução geral" (idem).

Na avaliação normativa a performance de cada estudante é relatada em termos da posição respeitante às notas de um dado grupo. Neste caso particular "o que interessa não é se o aluno atingiu e em que medida atingiu este ou aquele objectivo, mas em que posição se situa face aos resultados de um grupo que são considerados como um referente importante" (Valadares e Graça, 1998, p. 49).

Na avaliação criterial a "consecução de cada aluno está a ser comparada com um critério ou padrão de consecução e que à partida foi estabelecido como aquele que se lhe poderia legitimamente exigir" (idem). Neste sentido, cada estudante é avaliado por si, livremente dos

outros estudantes. Aí, são formulados juízos sobre o modo como ele aprendeu determinado conteúdo programático e em que grau possui esta ou aquela capacidade (idem).

Ainda em relação ao modo como os resultados de avaliação são interpretados, Valadares e Graça (1998) consideram que se adopta em sala de aula, também, muitas vezes, uma auto-referenciação, “em que o desempenho de cada aluno é avaliado por comparação com, desempenhos anteriores do mesmo aluno” (p. 50).

Segundo estes investigadores, os juízos avaliativos do domínio educacional são orientados por princípios provenientes do paradigma prevalecente no campo educativo.

Actualmente, vive-se um momento de tensão resultante do conflito entre dois paradigmas: o paradigma psicométrico, em que a avaliação está profundamente voltada para a medição dos produtos de aprendizagem, inspirada nas medições próprias das ciências experimentais, e o paradigma cognitivista e contextual, que considera o processo de avaliação como sendo inseparável do contexto onde ocorre a aprendizagem. Esta avaliação baseia-se em psicologias construtivistas e cognitivistas em que a grande ênfase é colocada no processo de aprendizagem, sendo o principal objectivo o conhecimento da eficácia de tarefas diversificadas de aprendizagem que envolvem aspectos de desenvolvimento cognitivo, afectivo e psicomotor (Valadares e Graça, 1998).

Melchior (1994), entre diversos autores, especifica que uma avaliação em ambientes construtivistas contém aspectos que envolvem os seguintes domínios:

- *afectivos* - relacionados com os sentimentos e as pessoas perante as situações pedagógicas. Incluem-se, os objectivos de atenção, os objectivos evidenciados da reacção do aluno, os objectivos de condução à valorização, os objectivos de organização e os objectivos de desenvolvimento de valores;
- *psicomotores* - associados às capacidades e habilidades dos aspectos práticos da área específica. Incluem-se as habilidades simples e compostas, habilidades que requerem aplicação convergente e divergente das acções dos alunos e habilidades que requerem julgamento;

- *cognitivos* - onde se procura verificar o desenvolvimento do aluno relativo ao conhecimento específico de uma dada área.

Embora estes domínios sempre se tenham associado entre eles e, inclusive, apareçam expressos nos Objectivos Gerais dos sucessivos níveis de ensino, de um modo geral não se cumprem. Infelizmente, continua-se a privilegiar o domínio cognitivo na avaliação.

Ao considerar-se a aprendizagem como um processo de construção de significados e atribuição de sentidos pelos alunos, parece notório que se pense igualmente no ensino como um processo de ajuda à construção destes (Coll e Martín, 2001).

Quando o educador planifica e leva a cabo uma determinada actividade de avaliação, tem de ter presente que os estudantes estão também a atribuir-lhe um sentido; e que os resultados da avaliação vão depender tanto dos significados que os alunos construíram, e que o docente foi capaz de suscitar, como do sentido que atribuíram às actividades prévias de ensino e aprendizagem, e à própria actividade de avaliação (idem).

As novas orientações curriculares apontam no sentido de considerar “a avaliação como um elemento integrante e regulador da prática educativa, permitindo uma recolha sistemática de informações que, uma vez analisadas, apoiam a tomada de decisões adequadas à promoção da qualidade das aprendizagens” (Despacho Normativo nº 30/2001 – Avaliação das Aprendizagens dos alunos do Ensino Básico, p. 1).

Deste modo, ressaltam dois objectivos fundamentais:

- apoiar o processo educativo, de modo a aumentar o sucesso dos alunos, permitindo o reajustamento de metodologias e recursos em função das necessidades educativas dos alunos;
- contribuir para aperfeiçoar o ensino e, ao mesmo tempo, promover uma maior confiança social no funcionamento do sistema educativo.

As tarefas de aprendizagem dos alunos passam, simultaneamente, a ser encaradas como actividades de aprendizagem e de avaliação acerca do modo como a mesma decorre (Valadares e Graça, 1998). Consequentemente, para estes investigadores, a avaliação

assume o seu papel regulador, fazendo parte integrante do processo de ensino e de aprendizagem dos alunos. Ainda neste sentido, Coll e Martín (2001) explicitam que

o ensino eficaz é aquele que consegue ajustar o tipo e a intensidade da ajuda proporcionada às vicissitudes do processo de construção levado a cabo pelos alunos. A avaliação do ensino, portanto, não pode nem deve conceber-se à margem da avaliação da aprendizagem. (...) Quando avaliamos as aprendizagens que os nossos alunos levaram a cabo, estamos também a avaliar, queiramos ou não, o ensino que ministrámos. A avaliação nunca é uma avaliação do ensino ou da aprendizagem, em sentido estrito, mas sim uma avaliação dos processos de ensino e aprendizagem. (pp. 213-214)

Por outro lado, como relembram Valadares e Graça (1998), hoje em dia é importante também que “os alunos tenham plenas oportunidades para demonstrarem o que podem e sabem fazer. Deste modo, revelarão e desenvolverão as competências, as atitudes e os saberes necessários à sua formação e ao controlo da sua própria aprendizagem” (p. 43). Neste sentido, a avaliação toma um carácter auto-regulador, em que o próprio discente desempenha um papel fundamental na sua aprendizagem.

Sob o domínio das ideias construtivistas, a avaliação começou a ser encarada como um processo de orientação do aluno relativo ao trabalho escolar, procurando evidenciar as suas dificuldades, de modo a guiá-lo na descoberta de processos que contribuíam para que ele possa progredir na sua aprendizagem. Neste sentido, a avaliação entrou numa meta-aprendizagem, contribuindo para que cada aluno aprenda a aprender. E aprender a aprender “implica desenvolver a capacidade de utilizar os conhecimentos adquiridos, em toda a sua capacidade instrumental, para adquirir novos conhecimentos” (Coll e Martín, 2001, p. 214).

Devido à grande complexidade do processo de ensino, justifica-se a diversidade de métodos, de avaliação, de instrumentos de recolha de dados, de novas formas de estruturar a avaliação, assim como a total transparência entre os elementos envolvidos no processo. À luz do paradigma actual, as características da avaliação apontam para que, de acordo com Valadares e Graça (1998), esta seja:

- seja um processo contínuo, sistemático, dinâmico, subjectivo e prescritivo;
- dependa dos objectivos e do contexto em que decorre;

- seja multiforme (com a utilização de diversas técnicas e instrumentos, incluindo, por exemplo, mapas conceptuais, vês de Gowin, escala de observação, lista de verificação, etc.);
- se torne adaptável às mais diversas finalidades (curriculares, de ensino, de selecção, de classificação, etc.).

Além da nova função pedagógica de orientar a acção do aluno e do professor, a avaliação continuou a ter as suas funções clássicas: de classificação, de selecção e de certificação de competências do aluno. Estas funções estão ligadas à massificação escolar e à consequente transformação da escola no século passado.

As ideias expostas, anteriormente, são inerentes aos princípios que se defendem no Despacho Normativo nº 30/2001, referente à avaliação. São elas:

- consistência entre os processos de avaliação e as aprendizagens e competências pretendidas;
- transparência do processo de avaliação, com uma prévia e clara definição daquilo que se pretende avaliar e das finalidades em vista;
- diversidade de técnicas e instrumentos de avaliação segundo os objectivos, as finalidades e o contexto em que a mesma ocorre;
- valorização da evolução do aluno;
- diversidade dos intervenientes no processo de avaliação;
- predominância da avaliação formativa, valorizando os processos de regulação e auto-regulação, articulada com a avaliação sumativa.

Nestes princípios encontra-se implícita a ideia, defendida por diversos autores, de que a avaliação é um meio necessário para se atingir um fim e não um fim em si mesmo. Como afirma Porto (2005), “a avaliação vai muito mais além do que o mero processo de dar notas” (p. 144).



Contudo, a integração com exactidão de todos os resultados da aprendizagem conseguidos pelo aluno, num só número ou símbolo, é uma tarefa impossível.

A nota sendo a síntese do conjunto das valorações, dá pouca informação acerca do grau de domínio nas diversas actividades realizadas no âmbito de uma disciplina. Por exemplo, um 3 na disciplina de Ciências Físico-Químicas tanto pode exprimir: um conhecimento razoável de conteúdos, uma dificuldade de compreensão de vocabulário na interpretação de problemas, algumas dificuldades em resolver equações matemáticas, etc.

O procedimento de atribuir um valor único e numérico é conciso e poderá parecer simples de interpretar, mas tem inconvenientes. Entre eles, o facto de uma nota nunca representar o verdadeiro grau de motivação, esforço, empenho, hábitos e evolução do aluno.

Na verdade, apenas o professor poderá saber o verdadeiro significado das notas, tendo por vezes ele próprio dificuldade em controlar todas as variáveis de modo a que a nota final contenha um significado real (Zabalza, 2000). Sendo assim, esta avaliação de orientação clássica, baseada na classificação, torna-se redutora e restrita. Classificar é apenas uma das dimensões da avaliação. No entanto, esta dimensão, pela sua “densidade informativa”, é muito bem aceite pela sociedade.

A este propósito, também Reboul (1982) afirma que

avaliar é muito mais do que medir, porque é ao mesmo tempo mais ambicioso e mais incerto (...). O padrão a que se compara a capacidade do aluno não é uma realidade objectiva. (...) Avaliar (neste sentido) é querer quantificar o não-quantificável, é emitir um juízo de valor em termos quantitativos, ficando no domínio da subjectividade e da incerteza. (p. 137)

As notas, devido à reduzida informação que proporcionam, são consideradas pelos diversos intervenientes no processo educativo mais como um fim a atingir do que como um meio de apoio dos discentes (Zabalza, 2000). Este autor acrescenta, ainda, que a avaliação, pelo facto de estar comprometida em fornecer informação sobre o desenvolvimento do ensino, deve ter o compromisso qualitativo de dar a informação mais proveitosa possível, nomeadamente “rica em profundidade, em extensão e quanto à diversidade metodológica e técnica pela qual essa informação é obtida” (p. 226).

Nesse sentido, torna-se imperativo que a avaliação recorra a uma diversidade de estratégias para que, desse modo, se alcance uma maior riqueza de informação e, conseqüentemente, se obtenha uma repercussão acerca da evolução do ensino.

Na verdade,

reduzir a avaliação à consideração de uma só área (o rendimento), a uma só técnica (os exames), a uma só situação (a controlada) e a uma só modalidade (sumativa) representa um empobrecimento da avaliação e uma perda do seu sentido no âmbito do discurso didático. (Zabalza, 2000, p. 226)

Uma avaliação sumativa exclusiva pressupõe um tipo de ensino praticamente expositivo, em que o professor organiza as suas aulas, com base em conteúdos definidos e calendarizados centralmente, usando quase só os manuais e tendo em «conta um “auditório” de alguns alunos abstractos, onde o João, a Maria, o Manuel (...) se diluem» (Leite e Fernandes, 2002, p. 19).

Também dentro desta linha de pensamento, Brooks e Brooks (1997) consideram que “lições dominadas pela fala do professor, aulas predominantemente orientadas pelo manual escolar, desvalorização do pensamento do aluno e a ênfase do domínio do currículo” (p. 13) constituem fortes impedimentos à consecução de uma aprendizagem significativa.

Segundo Leite e Fernandes (2002) a função do professor é, fundamentalmente

transmitir a matéria que alguém definiu como verdadeira e importante para ser veiculada àquele grupo de alunos que escuta a exposição de forma passiva, pois deverá acompanhá-la fielmente de forma a retê-la de um modo mais próximo possível do modo como foi transmitida. (p. 19)

Neste tipo de ensino, os conhecimentos a transmitir são pensados e desenvolvidos, tendo em conta o aluno médio e, na qual, se privilegia a dimensão cognitiva. A relação pedagógica inerente a um ensino deste tipo é impessoal e centralizada na autoridade do professor. Esta é a visão mais usual nas nossas salas de aula.

Trata-se no fundo, de uma visão que corresponde a um paradigma técnico-burocrático, em que



*as necessidades sociais são legadas à escola para que as satisfaça, através de procedimentos, de realização de tarefas e do cumprimento de normativos legais. A escola está ao serviço da satisfação das necessidades e das regras sociais, sendo-lhes exigidas responsabilidades definidas exteriormente e recebidas de uma forma unidireccional. As decisões situam-se a um nível político-administrativo e o desenvolvimento corresponderá aos executores, neste caso, aos professores e professoras. Enquanto se desenha o programa definem-se, através dele, os conteúdos e os valores culturais que devem ser preservados bem como os instrumentos que permitam verificar se eles foram atingidos. (Leite e Fernandes, 2002, p. 17)*

Daí que esta orientação se centre nos resultados finais quantitativos estandardizados, os quais reflectem apenas conhecimentos do domínio cognitivo.

Não colocando de parte a exposição dos saberes como meio de transmissão de conhecimentos e da construção de uma aprendizagem, consideramos que ela poderá ser viável se o professor conhecer as ideias «âncora» dos alunos, para que os conhecimentos que pretende transmitir encontrem neles eco e se possam interligar, e mesmo integrar nos seus esquemas conceptuais. Porém, não deve ser o único meio a utilizar na sala de aula.

Devido ao carácter redutor da avaliação sumativa, que apenas contempla alguns aspectos inerentes ao processo de ensino-aprendizagem, defendemos neste trabalho a sua utilização, mas sempre em conjunto com outras formas de avaliação como, por exemplo, a formativa e a formadora.

Deste modo, estaremos a contribuir para uma melhor eficácia da avaliação das aprendizagens dos alunos. Para o professor “construir autênticas actividades de sala de aula e avaliar a aprendizagem do aluno através delas representa um desafio mais difícil do que administrar um teste” (Brooks e Brooks, 1997, p. 108).

É fundamental melhorar a própria avaliação sumativa.

### 3.2.3.3 Avaliação formativa

#### A- Características gerais

A expressão avaliação formativa foi introduzida por Scriven, nos anos 60, nos USA a propósito da avaliação dos meios utilizados no ensino, referentes aos currículos, manuais e

métodos. Segundo Allal (1986), “neste contexto, os processos de avaliação formativa são concebidos para permitirem ajustamentos sucessivos durante o desenvolvimento e a experimentação de um novo currículo, manual ou método de ensino” (p. 176).

Mais tarde, esta expressão foi utilizada por Bloom e seus colaboradores (1971) na avaliação das aprendizagens dos alunos, particularmente “foi aplicada aos processos utilizados pelo professor para adaptar a sua acção pedagógica em função dos progressos e dos problemas de aprendizagem observados nos alunos” (Allal, 1986, p. 176).

Em Portugal, este tipo de avaliação foi introduzida no início dos anos 70, tendo a sua prática sido preconizada em documentos oficiais, a partir de 1976. Porém, ela continua a ser desconhecida por alguns professores (Cortesão, 1993).

Recentemente, no Despacho Normativo nº 30/2001 sobre a Avaliação das Aprendizagens dos Alunos do Ensino Básico, a avaliação formativa aparece como a principal modalidade de avaliação do ensino básico, visando a regulação do ensino e da aprendizagem (p. 4).

Segundo Allal (1986), as modalidades de avaliação adoptadas por um sistema de formação detêm sempre uma função reguladora que, segundo esta autora, podem assumir diversas formas e ser aplicadas em vários momentos. Assim, por um lado, a finalidade é a de articular as características do sistema de formação, e, por outro, definir as características das pessoas a formar. No entanto, esta função de regulação pode assumir diversas formas que se encontram indicadas no quadro 7:

Quadro 7 - Avaliação como meio de regulação no seio de um sistema de formação (Allal, 1986, p. 176).

| Formas de regulação                                                               | Momento                           | Função da avaliação | Decisão a tomar                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
| Assegurar que as características dos alunos correspondam às exigências do sistema | No início de um ciclo de formação | prognóstica         | Admissão, orientação                             |
|                                                                                   | No fim de um período de formação  | sumativa            | Certificação intermediária ou final              |
| Assegurar que os meios de formação correspondam às características dos alunos     | Durante um período de formação    | formativa           | Adaptação das actividades de ensino/aprendizagem |

A forma de regulação inerente à avaliação formativa distingue-se das outras avaliações, até pelo momento em que a mesma se aplica, visando “orientar o aluno quanto ao trabalho

*escolar e procurando localizar as suas dificuldades para o ajudar a descobrir os processos que lhe permitirão progredir na sua aprendizagem” (Cardinet, 1986, p. 14).*

Allal (1988) distingue três formas reguladoras da avaliação formativa: retroactiva, pró-activa e interactiva (p. 96-100). A primeira tem a ver com “a elaboração de actividades de remediação que conduzam o aluno a ultrapassar as dificuldades ou a corrigir os erros assinalados quando da avaliação” (idem, p. 99). A segunda regulação, a pró-activa, está relacionada com a previsão de “actividades de formação, direccionadas mais para a consolidação e aprofundamento de competências dos alunos do que para a remediação das dificuldades já encontradas ou dos erros já cometidos” (idem). A terceira forma de regulação - interactiva - implica mais a participação do aluno nas interacções estabelecidas entre ele e o professor, nas ocorridas com os colegas, e no contacto com o material pedagógico que leva a adaptações do processo de ensino-aprendizagem (idem, p. 97). Este tipo de regulação “baseia-se, frequentemente, em planos informais de avaliação da parte do professor, observador-animador ou da parte dos alunos, envolvidos num processo de auto-avaliação ou avaliação mútua” (idem, p. 98). Os instrumentos utilizados no processo de avaliação/regulação baseiam-se, sobretudo, “na estruturação da situação de aprendizagem” (idem).

A propósito das formas reguladoras da avaliação formativa, Hadji (1994) defende que

qualquer que seja a sua forma, a regulação é, antes de mais, uma actividade pedagógica e a avaliação o suporte que corresponde ao processo de feedback no qual assenta o mecanismo de orientação. Para ajustar a acção realizada ao fim pretendido, temos de dispor de informações sobre a situação em relação a esse fim. (p. 126)

A concepção e os procedimentos de avaliação formativa induzem um conjunto de práticas variadas que se integram no processo de ensino-aprendizagem (Cortesão, 1993), e nas quais se privilegiam os processos em vez dos produtos. Ao mesmo tempo, permitem que o aluno tenha um papel activo no processo e que o professor possa ir adequando o ensino ao ritmo de aprendizagem dos estudantes (Valadares e Graça, 1998).

Além disso, dá aos professores a informação necessária para que estes possam delinear os caminhos a seguir, de modo a conseguirem obter uma aprendizagem mais eficaz (Leite e Fernandes, 2002), através do melhoramento dos diversos processos de trabalho.

Assim, ligada à ideia de aprendizagem, surge a ideia de avaliação: “avalia-se para aprender e para decidir sobre as condições e os modos indutores dessa aprendizagem” (Leite e Fernandes, 2002, p. 41).

Em síntese, para estes autores as três ideias-chave implícitas na concretização de uma prática de avaliação formativa são: regular (processos); reforçar (êxitos); remediar (dificuldades). Estes três eixos da avaliação formativa têm implícita uma série de etapas a seguir, e que passamos a caracterizar nas linhas seguintes (Allal, 1986, Valadares e Graça, 1998):

- a recolha de informações relativas aos progressos sentidos pelos alunos;
- a interpretação dessas informações numa perspectiva de referência criterial;
- a adaptação das actividades de ensino e de aprendizagem de acordo com a interpretação das informações recolhidas.

Para que a avaliação formativa cumpra as intenções que a orientam é necessário que acompanhe todo o processo de formação do aluno, daí que seja necessário que ela assuma um carácter contínuo e sistemático, conforme se encontra explícito no Despacho Normativo nº 30/2001 sobre a Avaliação das Aprendizagens dos Alunos do Ensino Básico (p. 4).

Ainda que se considere uma avaliação formativa diferente de uma avaliação sumativa, não se deve entender o formativo e o sumativo, como sendo “dois tipos distintos e separados da avaliação, mas como dois aspectos ou modos de análise de resultados aplicáveis a qualquer avaliação” (Zabalza, 2000, p. 239). Esta visão é que, na nossa opinião, deve ser defendida.

Cortesão (1993), Abrecht (1994), Zabalza (2000), Leite e Fernandes (2002), entre outros, explicitam aquilo que consideram ser os aspectos mais salientes da avaliação formativa

comparando-a com a avaliação sumativa. Baseando-nos nestes autores, apresentamos em síntese, no quadro 8 as características destes dois tipos de avaliação.

Quadro 8 - Características da avaliação formativa e sumativa.

|                                     | Avaliação formativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Avaliação sumativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Finalidades                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ fornecer informações ao professor e ao aluno sobre o progresso do processo ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ detectar os problemas e os êxitos no processo ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ permitir recolher dados sobre o que fazer para melhorar o processo de ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ consciencializar o aluno da dinâmica do processo de aprendizagem (objectivos, dificuldades, critérios) envolvendo-o nesse processo;</li> <li>♦ integrar-se na perspectiva de um ensino diferenciado.</li> </ul>                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ classificar os alunos no final de um período longo;</li> <li>♦ favorecer a existência de sínteses e de relações de conhecimento;</li> <li>♦ situar o aluno face a um ponto de chegada do processo ensino-aprendizagem.</li> </ul>                                                                                                                                                           |
| Momentos                            | ♦ ao longo do processo ensino-aprendizagem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ♦ no final de um período longo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Aspectos que a avaliação salienta   | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ objectivos que orientam o ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ evolução da aprendizagem de cada aluno;</li> <li>♦ participação do aluno sendo este guiado;</li> <li>♦ processos de ensino-aprendizagem que estiveram na origem dos resultados obtidos;</li> <li>♦ causas de insucessos de aprendizagem e dos êxitos dos alunos;</li> <li>♦ aproveita as misconceptions;</li> <li>♦ é flexível e aberta à pluralidade e à diversidade;</li> <li>♦ carácter privado baseado num clima de intimidade e de confiança entre professores e aluno;</li> <li>♦ não pode ser utilizada para classificar e decidir a passagem ou reprovação do aluno.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ resultados da aprendizagem em relação aos objectivos, e aos conteúdos do processo de ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ ausência da participação do aluno sendo este teleguiado;</li> <li>♦ o aluno torna-se objecto de uma sentença exterior a ele;</li> <li>♦ rejeita as misconceptions;</li> <li>♦ estatuto negativo das misconceptions</li> <li>♦ carácter normativo e público;</li> </ul> |
| Tipos de instrumentos/procedimentos | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ instrumentos e procedimentos formativos quer escritos, quer orais;</li> <li>♦ observação sistemática de determinados aspectos de cada aluno;</li> <li>♦ <i>“luta contra a passividade e a papinha feita ao aluno”</i>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ♦ instrumentos e procedimentos de avaliação final imposta aos alunos e realizados segundo uma estrutura de síntese.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Consequências                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ servir de alicerce na organização do processo de ensino-aprendizagem;</li> <li>♦ fornecer indicações sobre as aprendizagens realizadas;</li> <li>♦ servir como “bússola orientadora” do processo de ensino-aprendizagem.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ atribuir ao aluno uma classificação;</li> <li>♦ decidir da progressão ou retenção do aluno.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## B- A prática da avaliação formativa

De acordo com Cortesão (1993), a aplicação deste tipo de avaliação “é indissociável da prática de metodologias activas no processo de ensino-aprendizagem” (p. 31). Segundo esta autora, não existem receitas que os professores possam utilizar para levar a cabo a

implementação das práticas de avaliação formativa, uma vez que é necessário adaptá-las ao que está a ocorrer com os alunos, e estes são diferentes uns dos outros.

Contudo, sugere algumas ideias que, no decorrer de uma aula activa, poderão ajudar o docente na recolha de informações imprescindíveis a uma (re)orientação do processo ensino-aprendizagem. De entre elas, a investigadora destaca as seguintes:

- estar atento aos “pequenos sinais” transmitidos pelos alunos na sala de aula, valorizando o seu significado, como por exemplo, “as expressões de tédio ou interesse, as respostas certas ou erradas, as intervenções, as perguntas, os burburinhos, os silêncios, as ausências, os comportamentos inesperados ...” (p. 32);
- fazer observações e registos de uma forma objectiva e neutra;
- ter em atenção as perguntas colocadas aos alunos. Estas terão de ser “bem pensadas, curtas e bem estruturadas” (idem) e relativas a um assunto especialmente pertinente e indiciador de aprendizagens, que na altura esteja a ocorrer;
- propiciar uma cumplicidade entre professor-aluno, nomeadamente, na sua relação. Particularmente, caso os alunos estejam a estudar temas que os interessam e cuja exploração ocorre de forma sugestiva, “professor e alunos podem sentir-se bem ao construírem, em conjunto, o processo de aprendizagem” (p. 35);
- aproveitar as misconceptions que representam uma “janela aberta” sobre o percurso do raciocínio do aluno.

Baldy (1987) sugere que as misconceptions não podem ser consideradas somente como respostas que precisam de ser corrigidas, mas correspondem ao culminar de um raciocínio que há que compreender para, posteriormente, procurar ultrapassar (citado por Abrecht, 1994). As misconceptions dão-nos, assim, informações sobre um determinado processo e, por isso, são consideradas produtivas, não um obstáculo a vencer, elas são geradoras de energia, um veículo a usar. A este propósito Brooks e Brooks (1997) afirmam que “para o professor respostas imprecisas estão erradas, enquanto que para os alunos, respostas

*imprecisas frequentemente representam o estágio do seu pensamento corrente sobre os tópicos”* (p. 99).

Neste contexto, o professor deve estar atento ao que frequentemente se cataloga como *misconceptions* dos alunos. Como profissionais, devem procurar descobrir o motivo pelo qual elas ocorrem e explorá-las para que, através delas, consiga que os seus alunos trilhem o caminho da aprendizagem (Mauri, 2001). Por outro lado, o professor, ao analisar as *misconceptions* dos estudantes, tem, ao mesmo tempo, colaboração-interactividade e individualização, componentes essenciais de uma aprendizagem eficaz (Abrecht, 1994).

Apesar das vantagens da utilização de uma avaliação formativa, existem obstáculos à implementação da mesma, uma vez que, segundo Perrenoud (1993), a avaliação encontra-se no centro de um octógono de forças, como iremos ver seguir.

#### C- Dificuldades/obstáculos à implementação da avaliação formativa

Para o sociólogo Perrenoud (1993), praticar a avaliação formativa é correr riscos, fazer críticas, nem sempre bem recebidas e ir de encontro a interesses estabelecidos. Mexer na avaliação tradicional certificativa é “pôr em questão um conjunto de equilíbrios frágeis e parece representar uma vontade de desestabilizar a prática pedagógica e o funcionamento da escola” (p. 173). Segundo o autor, prosseguir no sentido de uma avaliação formativa, que ajude o aluno a aprender e o professor a ensinar, significa mudar a escola nomeadamente o processo de ensino-aprendizagem.

A aprendizagem é um processo complexo, ocorre por ensaios, por tentativas e erros, hipóteses, recuos e avanços, tendo o sujeito mais sucesso se o meio onde está inserido for capaz de lhe dar respostas e regulações de diversas formas. Porém, pelo facto da avaliação, de um modo geral, se situar no centro de um octógono de forças, existem vários obstáculos que se colocam face a uma implementação da avaliação formativa no sistema escolar (Perrenoud, 1993). Esse octógono está representado na figura seguinte.



Figura 33 – A avaliação no centro de um octógono de forças (Perrenoud, 1993, p. 175).

Relativamente ao obstáculo - relações entre as famílias e a escola - o autor considera a avaliação “o laço mais constante entre a escola e a família” (p. 176). Os encarregados de educação, ao controlarem as classificações quantitativas dos trabalhos escritos e as cadernetas escolares, estão a par do rendimento do seu educando. Naturalmente, preocupados com o seu futuro profissional

aprenderam a fazer bom uso dessas informações: contestação de determinadas escalas ou de determinadas correcções; contacto com o professor para compreenderem melhor as dificuldades e poderem interferir junto da criança; e, sobretudo, utilização das notas e apreciações para modular a pressão exercida sobre o trabalho escolar e mais frequentemente sobre o sono, as saídas, o tempo livre, etc.. (Perrenoud, 1993, p. 176)

Consequentemente, pensar em mudar o sistema de avaliação é algo difícil de implementar, uma vez que cria incertezas e angústias a uma boa parte dos encarregados de educação, privando-os dos seus pontos de referência habituais. Por esse motivo, Perrenoud (1993) sugere que “tudo o que não é assimilável a uma preparação para a avaliação escolar clássica (por outras palavras, a um exame oral ou a um teste escrito) parece ser um pouco exótico, anedótico, não muito sério” (p. 177).

Logo, se os alunos trabalharem em grupo ou se estiverem envolvidos na preparação de uma exposição ou na elaboração de um romance, por exemplo, os encarregados de



educação têm muita dificuldade em perceber como é que essas actividades, aparentemente desordenadas e colectivas, poderão ser avaliadas quantitativamente.

Esta mudança de mentalidade acerca das práticas de avaliação para um sentido mais formativo passa, necessariamente, por uma alteração das representações acerca da avaliação e por uma reconstrução do contacto família-escola, baseado em relações de confiança. A ausência destas relações de confiança, entre ambas as partes, pode conduzir a receios e oposições por parte dos pais a uma mudança do sistema de avaliação.

Reportando-nos agora ao segundo obstáculo - organização das aulas - uma verdadeira avaliação formativa apenas resulta se existir uma regulação individualizada das aprendizagens dos alunos. Isto induz a uma mudança das práticas de avaliação conducentes a uma transformação do ensino, da gestão da turma e um especial cuidado aos alunos que demonstrem dificuldades de aprendizagem, entre outras.

Contudo, a existência de determinados condicionalismos impede qualquer mudança, nomeadamente o número elevado de alunos por turma, a rigidez do horário escolar, o programa extenso e os regulamentos que impõem “a mesma coisa a todos os alunos”, mesmo quando tal é inútil (Perrenoud, 1993).

Se esperarmos que o professor esteja igualmente disponível para todos os alunos, quaisquer que sejam as dificuldades que estes apresentem e que os vigie constantemente, tal será feito em detrimento da diferenciação e de uma aprendizagem eficaz.

Ora, uma avaliação formativa permite ao professor recolher informações qualitativas mais concretas acerca do processo de ensino-aprendizagem, nomeadamente, das atitudes dos alunos.

Para Cortesão (1993), um outro obstáculo ligado à organização das aulas tem a ver com a disposição dos alunos na sala de aula. Na opinião da pesquisadora, não é fácil praticar uma avaliação formativa “com os alunos sentados nas filas tradicionais, em que cada um só vê, praticamente, as costas do companheiro da frente” (p. 27). Para a prática de uma avaliação deste tipo é necessário estimular a comunicação, e esta ocorrerá, mais facilmente, se os mesmos, por exemplo,

*trabalharem em grupo, ou ocorrer um debate sobre um dado tema, com os alunos sentados em U ou dispostos à volta da sala. Acontecerá, se, em pequenos grupos, estiverem a tentar resolver um problema, se estiverem a elaborar pequenos trabalhos de consulta que depois apresentam ao grande grupo, etc., numa palavra, se os alunos estiverem activos. (Cortesão, 1993, p. 27)*

O docente, ao torná-los cúmplices na construção do processo ensino-aprendizagem, estimula-os, interessa-os, contribui para que se empenhem no que estão a construir, contribuindo, simultaneamente, para uma melhoria na relação que estabelece com os alunos, uma vez que “se vão sentir obreiros de um mesmo projecto de aprendizagem” (Cortesão, 1993, p. 27).

Relativamente ao obstáculo - didáctica, métodos de ensino - é importante o professor saber por que caminhos deve conduzir os alunos, quais os meios que pode utilizar para observar se os domínios foram atingidos, ou se estão em vias de aquisição, quais os métodos de trabalho a utilizar, quais os funcionamentos cognitivos dos alunos e o modo como pretende intervir junto deles, através de regulações “retroactivas”, “pró-activas” e “interactivas” de Allal (1988, p. 96-100).

Todos estes conhecimentos ajudam o professor a integrar a avaliação formativa na didáctica da disciplina que lecciona. Obviamente que, para ajudar à sua implementação, é igualmente importante a disponibilidade de materiais curriculares concebidos para uma pedagogia diferenciada. A este propósito, Abrecht (1994) afirma que o material,

para estar de acordo com o ensino individualizado, deve não só ser numeroso, para atender às diferenças de ritmo, de aprofundamento e de abordagem dos alunos, mas também cuidadosamente concebido, para desenvolver, ao máximo, a autonomia do aluno (instrumentos de autocorreção e autocritérios também, eventualmente) – contribuindo, assim, para diminuir o problema do professor em gerir o tempo de aula – e, finalmente, proporcionar uma avaliação que vá acompanhando o percurso do aluno. Um material assim é, por isso mesmo, complexo e de demorada elaboração. (p. 153)

Outros problemas indicados pelo autor resultam da dificuldade de se tirar partido da riqueza das observações realizadas em sala de aula e, ainda, como limitar o mais possível os inevitáveis desvios a que está sujeito qualquer projecto baseado na autonomia dos alunos. Mas o investigador considera que, para além das dificuldades de implementação,

complexidade e subtilidade da avaliação formativa, também há a salientar a sua importância e os seus efeitos positivos na sala de aula.

Quanto ao obstáculo - o contrato didáctico, relação pedagógica, profissão do aluno – o sociólogo Perrenoud (1993) considera que, numa avaliação tradicional, o interesse do aluno é

iludir, disfarçar os pontos fracos e valorizar os fortes (...) em saber negociar ajuda, correcções mais favoráveis ou a anulação de uma prova mal sucedida (...) o aluno tem boas razões para querer primeiro que tudo receber notas suficientes. Para tal, tem de usar de astúcia, fingir ter compreendido e dominar a matéria, recorrendo a todos os meios disponíveis, desde uma preparação rápida e intensa até à trapaça, à sedução e à mentira piedosa. (p. 180)

Paradoxalmente, na avaliação formativa parte-se do pressuposto que o estudante quer aprender, e tem vontade que o ajudem a vencer as suas dificuldades, estando disposto a revelá-las de um modo claro. Esta cooperação necessária pode, por vezes, sair cara, conforme explicita Perrenoud (1993):

revelar ao professor os pontos fracos e as incertezas, significa, muitas vezes, expor-se ao escárnio ou à piedade dos colegas. Significa correr o risco de ver determinadas informações relatadas numa caderneta, num registo, em relatórios que serão lidos por outros professores, pelos psicólogos, pelo director da escola ou pelo inspector. Significa dar informações ao outro no quadro de uma relação à qual o aluno não pode, unilateralmente, pôr termo, principalmente durante a escolaridade obrigatória. (p. 180)

Por outro lado, apostar numa avaliação formativa significa renunciar a fazer da selecção a aposta principal da relação pedagógica, sendo necessário, para isso, uma mudança do contrato didáctico: “a substituição de uma relação que, sem ser agressiva, é de natureza fundamentalmente conflituosa, nos sistemas tradicionais, por uma relação de cooperação” (Perrenoud, 1993, p. 181).

Relativamente ao obstáculo inerente à concertação, controlo e política de estabelecimento de ensino, o autor considera que este, tal como os obstáculos anteriormente referidos, dificulta a avaliação formativa.

Para este educador “não se faz uma avaliação formativa sem ajuda (...) Não se pode caminhar nesse sentido sem modificar profundamente a cultura da organização escolar; à escala da sala de aula, mas também do estabelecimento de ensino” (idem, p. 181).

Um professor que mude todos os anos de turma, dificilmente conseguirá implementar a avaliação formativa de um modo eficaz. Com efeito, o docente não poderá esperar que, em apenas algumas semanas, as atitudes e representações dos alunos mudem e eles passem a entrar no jogo da avaliação formativa, sabendo que no final do ano lectivo, esses alunos passarão para outra turma ou, até, para outro professor, voltando às dinâmicas anteriores.

Do mesmo modo, tentar implementar um ensino mais individualizado obriga a hábitos de trabalho diferentes: mais tempo passado em equipa ou em trabalho individual acompanhado pelo professor, que neste caso deve actuar como pessoa-recurso. No dizer de Perrenoud (1993), “uma turma que pratica uma avaliação formativa apresenta-se mais como uma oficina onde cada um se ocupa das suas tarefas (...) do que como uma orquestra sob a batuta de um maestro onnipresente” (p. 181).

Estes modos de funcionamento conduzem a uma nova concepção da equidade e da igualdade face ao sistema, capacidades de auto-regulação e de auto-avaliação de professores e alunos e uma certa tolerância face à desordem e à diferença. Sendo assim, estas mudanças precisam de beneficiar de uma continuidade ao longo de vários anos de escolaridade.

Deste modo, “é indispensável transpor um obstáculo de vulto: o individualismo dos professores, a vontade invejosa que têm de fazer o que lhes apetece, logo que a porta da sala de aula se fecha” (Perrenoud, 1993, p. 181). É provável que a avaliação formativa conduza a uma diferente divisão do trabalho entre os docentes, isto porque a explicitação dos objectivos, a construção de sequências didácticas, as estratégias de remediação a utilizar em sala de aula e a elaboração de testes ultrapassam o domínio de cada um. É necessária a partilha de tarefas, um levantamento de obstáculos entre os vários graus de ensino e uma cooperação entre os professores que leccionam a mesma disciplina ou que ensinam um dado ano de escolaridade.

Além disso, uma avaliação formativa poderia fornecer à administração escolar uma informação mais eficaz acerca da qualidade do ensino, conduzindo também a representações mais concretas e fiáveis acerca daquilo que os alunos sabem. Ao invés de se compararem

taxas de sucesso ou insucesso, poder-se-iam comparar as aquisições efectivas dos alunos e, consequentemente, comparar-se a eficácia dos docentes.

As chamadas “provas estandardizadas têm numerosos efeitos perversos e induzem a didácticas conservadoras” (Davaud, 1992, citado por Perrenoud, 1993, p. 182). O ideal seria caminhar no sentido de que o controle da qualidade do ensino fosse exercido pelos colegas, no seio da equipa pedagógica, funcionando o estabelecimento de ensino segundo o modo de auto-avaliação (Gather Thurler, 1991, 1992, citado por Perrenoud, 1993). Isto pressupõe que o próprio estabelecimento de ensino vença a sua inércia perante a procura de novas soluções que induzam a acções inovadoras, no âmbito da avaliação da aprendizagem (Abrecht, 1994).

Quanto ao obstáculo dos programas, nomeadamente dos objectivos e exigências aí explícitos, a avaliação formativa faz com que estes se modifiquem. Infelizmente, em muitas escolas, a preocupação é avançar no programa, para o cumprir na íntegra, mesmo correndo o risco de deixar pelo caminho vários alunos. No final, o importante é cumprir o programa, e não observar se este foi realmente aprendido pela maioria dos alunos. Para os que não conseguiram aprender, existem sempre alternativas: serem orientados para a sala de estudo, para o estudo acompanhado, repetirem o ano, “ou ainda autorizados a prosseguir o curso fingindo que as suas lacunas e dificuldades desaparecerão posteriormente ou que passarão despercebidas” (Perrenoud, 1993, p. 183).

Este autor aponta ainda uma outra razão, para que a avaliação formativa induza a uma transformação dos programas: a circunstância destes se apresentarem como listas de conteúdos a ensinar aos alunos e não serem muitas vezes redigidos em termos de objectivos de mestria. Este facto leva os professores que se orientam por uma avaliação formativa a elaborar esses objectivos, que poderiam ser delineados pelos próprios autores dos programas. Porém, caso essa formulação acompanhasse o programa, não se excluiria a hipótese de os professores os trabalharem e adaptarem à sua realidade.

Assinale-se, por fim, um outro aspecto inerente aos programas: é que a avaliação formativa revela mais depressa as incoerências de alguns planos de estudo do que um ensino expositivo. Assim,

quando a maioria dos alunos de uma determinada idade comete os mesmos erros e não os podemos remediar facilmente tendo em conta a sua fase de desenvolvimento intelectual, quando determinados tipos de conhecimento marginalizam sistematicamente uma maioria de alunos na medida em que estão de tal modo distantes da sua experiência e das suas aquisições anteriores que não podem senão “desligar”, então já não é tempo para remediar, mas sim pura e simplesmente para rever o plano de estudos num nível inferior ou torná-lo mais próximo da realidade, ou mais realista em relação às aprendizagens anteriores e às atitudes dos alunos. (Perrenoud, 1993, pp. 183-184)

Quanto ao obstáculo sistema de selecção e orientação este “é, quando muito, um mal necessário, nunca um fim em si ou uma vantagem” (Perrenoud, 1993, p. 184). Segundo este autor, a avaliação formativa dá prioridade ao domínio dos conhecimentos e das capacidades, mas nem por isso afasta a possibilidade da selecção dos alunos. Assim:

a realidade resiste, o tempo passa, o milagre não acontece e surgem momentos em que é necessário fazer o balanço, em que já não é tempo de remediar, em que é preciso tomar decisões de selecção ou de orientação. (idem, p. 184).

O último obstáculo, apresentado por este autor, que poderá dificultar a avaliação formativa tem a ver com as satisfações pessoais e profissionais dos docentes. O sistema tradicional de avaliação oferece um fio condutor, fornece pontos de referência, dando ao professor, indicações da forma como cumprir a sua função. Qualquer inovação pedagógica que obrigue o docente a afastar-se dessa via, constitui uma fonte de inquietude. A este propósito, Perrenoud (1993) explicita que

não é confortável tomar, de facto ou de direito, grandes liberdades em relação ao sistema tradicional, na medida em que nos tornamos pessoalmente responsáveis pelos seus erros e pela sua avaliação face aos pais e aos alunos, enquanto que, se nos mantivermos nos carris, podemos abrigar-nos atrás do “sistema”, do regulamento, etc. A administração escolar tem interesse neste funcionamento: mesmo que não saiba exactamente o que os professores ensinam e como, tem pelo menos a impressão de que a avaliação é feita segundo padrões formais que garantem, simultaneamente, a equidade e a regularidade fundamentais para as burocracias escolares, por vezes mais ainda do que a eficácia didáctica. (p. 186)

Este medo da mudança por parte dos professores, associado ao prazer de avaliar quantitativamente o outro, um aspecto inerente à experiência humana, poderão constituir uma séria resistência à implementação da avaliação formativa.

Por tudo o que foi dito acerca deste tipo de avaliação, podemos sintetizar algumas ideias que consideramos relevantes. Assim, a avaliação formativa:

- é interna ao processo de ensino-aprendizagem;
- suscita, por meio de metodologias diversificadas e activas, uma viva interacção entre alunos e entre alunos e professor;
- acompanha a aprendizagem, motivando-a, situando-a e enquadrando-a;
- observa e regista sinais do que se está a passar no processo de ensino-aprendizagem, constituindo importantes vias que servem para a compreensão e (re)organização do mesmo;
- é influenciada por uma multiplicidade e complexidade de determinantes (pessoais, didácticos, sociais, institucionais) que agem conjuntamente sobre o processo de ensino-aprendizagem e que interferem na sua implementação na sala de aula.

#### 3.2.3.4 Avaliação formadora

Uma das formas mais actuais e valiosas da avaliação formativa é a avaliação formadora, que tem como objectivo principal centralizar a perspectiva da avaliação na “regulação assegurada pelo próprio aluno”, distinguindo-a do outro tipo de avaliação, “cuja regulação diz respeito, sobretudo, às estratégias pedagógicas do professor” (Bonniol, 1986, p. 126, citado por Abrecht, 1994, p. 49).

Também Nunziati (1990) se refere a esta distinção, defendendo a ideia de que este novo tipo de avaliação pretende fazer da avaliação, não um instrumento de controle, mas um

instrumento de formação, de que o aluno dispõe para atingir a sua meta e construir o seu percurso de aprendizagem.

Isto pressupõe uma orientação construtivista, de que se aprende quando se consegue construir um significado próprio e pessoal sobre um objecto de conhecimento (Solé e Coll, 2001).

A estas ideias está subjacente a implicação consciente, sistemática e reflectida do aluno na planificação, organização e avaliação das suas próprias aprendizagens: auto-avaliação. Esta proporciona um “auto-controle, (uma) espécie de olhar crítico sobre o que se faz, enquanto fazemos, guiados pelo nosso próprio sistema interno de pilotagem” (Nunziati, 1990, p. 51).

Hadji (1994) considera a avaliação formadora como uma proposta de trabalho que apresenta numerosas vantagens. Uma delas advém do facto de o aluno, ao confrontar-se com uma tarefa, ser mais facilmente mobilizado para a sua execução do que com uma outra que até poderá ter uma operacionalidade simples, mas que, no entanto, permanece formal e artificial.

Uma outra vantagem tem a ver com o evitar a divisão em pequenos objectivos, ao privilegiar aquilo que o aluno constrói, relativamente àquilo que se lhe oferece. Por último, esta avaliação dispensa a necessidade de se ter um modelo de desenvolvimento intelectual ou de competência cognitiva e um modelo de funcionamento dos saberes a ensinar, superando o obstáculo da sentida limitação dos conhecimentos no domínio da análise didáctica dos saberes e da análise psicológica das competências.

As mudanças operadas na prática pedagógica, por esta perspectiva da avaliação, são consideráveis. Trata-se de contribuir para que “o aluno aprenda a aprender” (Valadares e Graça, 1998, p. 47), centrando-se a regulação do processo de ensino-aprendizagem no aluno. Pois, “só o aprendente é verdadeiramente capaz de regular a sua actividade de aprendizagem, porque só ele é capaz de conhecer os seus processos e de os corrigir” (Hadji, 1994, p. 120).



Por outro lado, uma das ideias em que assenta a avaliação formadora é o facto de que o aluno aprende melhor quanto mais autónomo se tornar. Para Hadji (1994) “a representação dos fins e a apropriação dos critérios são, simultaneamente, os instrumentos e a marca de uma conquista da autonomia (p. 170).

Nunziat (1988), uma das investigadoras importantes nesta área, considera que os principais objectivos visados por esta perspectiva têm a ver com o facto de os alunos:

- se apropriarem dos objectivos e critérios dos professores;
- dominarem os processos de planificação prévios e de orientação da acção;
- gerirem os erros, no quadro da autocorreção.

Relativamente à apropriação dos objectivos, esta deve ocorrer em dois planos: o objectivo da tarefa e o objectivo de aprendizagem. O primeiro contém uma ideia do resultado a atingir, o segundo deve ser assimilado, por meio da intervenção dos mecanismos cognitivos, no decurso de uma dada actividade.

O critério pode aparecer sob diversas formas: como norma, como um ponto de vista sobre a aprendizagem ou como uma informação sobre orientação. Qualquer destas formas é marcada pela exterioridade em relação a uma trajectória do aluno (Abrecht, 1994).

A avaliação formadora pressupõe dois tipos complementares de critérios: critérios relativos à realização e critérios relativos ao sucesso (Hadji, 1994). Para este investigador os critérios de realização correspondem às operações a cumprir para a realização da tarefa. Os critérios de sucesso precisarão, para cada critério de realização, um nível mínimo de exigência.

O conhecimento dos objectivos e dos critérios dos professores induz a uma ideia concreta das finalidades a atingir, ao mesmo tempo que gera condições para a auto-avaliação. Abrecht (1994) critica este conhecimento por parte dos alunos, na medida que considera mais proveitoso que eles próprios desenvolvam, em determinados contextos, os objectivos e, além disso, considera que o plano da lógica de quem ensina é diferente do plano da lógica de quem aprende.

Um outro aspecto relacionado com esta perspectiva da avaliação é a concepção prévia da tarefa que conduz o aluno à ideia do produto que deverá obter no fim do percurso de aprendizagem. O meio utilizado pode ser a análise colectiva de trabalhos já realizados, nomeadamente de alunos de outras turmas.

Através desta análise de “produtos acabados” fica-se, não apenas mais esclarecido sobre o que deverá ser o produto acabado, mas também com os erros detectados. Assim, na posse deste conhecimento, delineiam-se estratégias para a realização da tarefa evitando os “erros” cometidos. Os elementos recolhidos nesta análise levam os alunos à construção de uma ficha de trabalho que Vial (1987, citado por Abrecht, 1994) chamou de mapa de estudo e que Hadji (1994) designou por carta de estudo. Este dispositivo pedagógico pressupõe as seguintes fases:

1ª fase - orientação da acção;

2ª fase - execução da acção;

3ª fase - controlo que pode conduzir a reajustamentos;

4ª fase - articulação acerca do que acaba de ser realizado com a tarefa seguinte.

Na primeira fase, o mapa de estudo é construído por toda a turma, ficando cada aluno com um exemplar. Este constitui o plano de base de orientação, que o próprio aluno depois constrói à medida que passa pelas restantes fases.

Abrecht (1994) critica a utilização destes mapas, na medida que considera que o aluno não é implicado na sua fase inicial, “fica-se com o sentimento de que o aluno é chamado a intervir num processo que já começou sem ele” (p. 57). Em alternativa, o autor propõe a exposição de uma situação de apresentação de problemas. A este respeito diz:

um problema bem posto fica meio resolvido; e, sobretudo, transforma-se no problema pessoal de quem o coloca; pelo facto de ter posto o problema, na sua linguagem, o aluno torna-se capaz de o resolver na sua lógica, que é a lógica da aprendizagem. Ao resolver os problemas, substituindo o aluno neste esforço inicial, não estaremos a privá-lo do que há de mais interessante e importante na aprendizagem? (pp. 57-58)

Duas estratégias importantes que se podem utilizar na avaliação são os mapas conceptuais e o Vê de Gowin. Ressalte-se que estes instrumentos metacognitivos podem ser

utilizados em outras situações na sala de aula, que não sejam as de avaliação. É sobre estas ferramentas que nos pronunciamos a seguir.

### 3.2.4 Instrumentos metacognitivos

Os instrumentos metacognitivos, particularmente os mapas conceituais e os vês, ajudam os indivíduos a aprender a aprender e a aprender sobre a natureza da produção/construção do conhecimento (Novak e Gowin, 1999, Moreira e Buchweitz, 1993, Moreira, 2000). Constituem, assim, ferramentas de aprendizagem e de meta-aprendizagem que consideramos fundamentais e que devem ser utilizadas em sala de aula, uma vez que facilitam a aprendizagem significativa.

O mapa conceitual é um organizador gráfico que recorre à representação esquemática para organizar, hierarquicamente, um conjunto de conceitos ligados entre si por palavras, de modo a formarem afirmações com significado. Ao apresentar relações significativas entre conceitos na forma de proposições, o mapa de conceitos revela a compreensão e a estrutura do conhecimento de cada aluno (Novak e Gowin, 1991).

A negociação de ideias entre os alunos, feita com base nos mapas construídos individualmente e/ou em grupos, sobretudo quando é convenientemente moderada pelo professor no grupo-turma, ajuda-os a aprofundar o significado dos conhecimentos sobre os quais os mapas foram construídos. Isto mesmo nos dizem Novak e Gowin (1999, p. 17), ao afirmarem que “a construção de mapas conceituais é um processo de ajudar os estudantes e os educadores a penetrar na estrutura e significado do conhecimento que eles procuram compreender”.

O mapa conceitual feito por um aluno exterioriza a sua estrutura cognitiva e revela o modo como conseguiu ou não, melhor ou pior, assimilar a estrutura conceitual da fonte de conhecimentos sobre a qual construiu o mapa. Quando produzido e utilizado em trabalho de grupo e ao ser partilhado por todos os alunos (por apresentação ao grupo-turma), o mapa

conceptual permite trocar ideias e, além disso, estimular o pensamento reflexivo (Novak e Gowin, 1999), podendo constituir um excelente processo de construção do conhecimento num ambiente social cooperativo e construtivista. Além disso, é excelente para detectar as concepções prévias dos alunos e é um bom instrumento para uma avaliação formativa ou até mesmo formadora, levando-os a reconhecerem novas relações e novos significados e estimulando muitas vezes a sua criatividade (Novak, 2000; Valadares e Graça, 1998).

O mapa não tem um carácter definitivo. Ele vai evoluindo, para melhor, à medida que a apreensão da estrutura conceptual de um corpo de conhecimentos por parte de quem constrói vai melhorando, e as concepções acerca desse assunto se vão enriquecendo. É, pois, “um diagrama que muda à medida que se produz a aprendizagem significativa” (Moreira, 2000, p. 56).

O Vê de Gowin também é tanto mais rico quanto mais o aluno se tiver apropriado do processo cognitivo a que se refere, mas, ao mesmo tempo, é um instrumento que facilita a análise e estruturação de um dado conhecimento, identificando as suas componentes conceptuais e metodológicas e clarificando as relações entre essas componentes (Valadares e Graça, 1998). O Vê construído por um aluno serve de bússola para a produção do conhecimento, permitindo recolher informações preciosas acerca do modo como ele estuda e aprende, bem como as deficiências conceptuais que revela (confusões entre conceitos e princípios, entre princípios e teorias, etc.). Estas informações podem, e devem, ser utilizadas pelo professor para ajudar o estudante na forma como, numa dada experiência educativa, constrói o conhecimento. Conduz “cada aluno a reflectir sobre a sua própria aprendizagem e obriga-o a um trabalho de inquérito, de pesquisa permanente durante as situações de aprendizagem” (idem, pp. 23-24). Daí, o seu interesse como ferramenta de aprendizagem significativa do aluno e como ferramenta de avaliação, e a sua aceitação consequente no processo de ensino-aprendizagem (Valadares, 2001).

Trabalhos de vários autores, entre os quais destacamos Moreira e Buchweitz (1993), Aymerich (1994), Valadares e Graça (1998), Valadares (1999, 2001, 2003a), Novak e Gowin (1999), Escudero e Moreira (1999), Moreira (2000), Novak (2000), Campanário (2000), Gouveia e Valadares (2003) defendem o uso do Vê na construção do conhecimento.

Campanário (2000) chama a especial atenção para uma utilização do Vê em sala de aula. Aí, frequentemente, os “alunos não são capazes de identificar o objectivo de uma prática de laboratório” (p. 375), sendo o Vê indicado para os ajudar a identificarem o objectivo do trabalho laboratorial que estão a realizar. Como expressa Campanário (2000), são comuns as situações em que os alunos, que não entendiam o objectivo do trabalho, ao usarem o Vê de Gowin, mostram-se surpreendidos com os resultados que obtêm. Evitam-se ainda situações como a que refere Hodson (1994), em que os alunos, ao não encontrarem sentido nas práticas que executam, adoptam um comportamento aleatório que os “faz estar muito ocupados sem terem nada que fazer” (p. 304).

A experiência leva-nos a concordar com Novak e Gowin (1999) que o Vê “pode ser um instrumento de avaliação especialmente valioso para o trabalho de laboratório, de estudo ou de campo” (p. 128). O principal problema que, muitas vezes, surge nestas situações, é perceber o que significam as coisas que estamos a observar. A riqueza que poderá advir da experiência tem a ver com a qualidade com que as nossas ideias nos permitem apreciar. A relação recíproca entre aquilo que vemos e a interpretação que lhe damos constitui a base da compreensão humana, que tem importantes implicações para o processo ensino-aprendizagem. Os mesmos autores referem, ainda, que o Vê pode ser utilizado para avaliar a compreensão dos alunos em relação a material expositivo. O Vê, não sendo, naturalmente, um substituto para a redacção de textos expositivos, constitui, no entanto, uma importante ferramenta de trabalho para os “relatórios sobre investigações efectuadas” (Novak e Gowin, 1999, p. 129).

Além disso, a elaboração deste instrumento pode ser acompanhada por exposições orais ou escritas, sendo os produtos resultantes mais apelativos do que os relatórios. Como explicitam Novak e Gowin (1999), referindo-se ao seu grupo de pesquisa, “o Vê tornou-se no

*auxílio visual chave em conferências e seminários*” (p. 171). Estes autores desafiam mesmo outros conferencistas a utilizá-lo, e verem as vantagens.

Para além da utilização em laboratório, Escudero e Moreira (1999) defendem a utilização do Vê também na sala de aula, com o objectivo de realizar uma análise epistemológica do enunciado de um problema. Aí, o instrumento constitui uma “ferramenta que pode ajudar a reorganizar significados e a reflectir sobre a essência de um problema, da sua resolução e dos elementos básicos que o configuram” (p. 67).

Qualquer que seja a situação a que se aplique o Vê, este é eficaz na medida que “ajuda a pensar sobre os fenómenos do mundo, sobre a própria aprendizagem e sobre a estrutura do conhecimento” (Aymerich, 1994, p. 124).

Novak e Gowin (1999) explicitam que “pensar é uma forma de imaginar, de criar estruturas de significados, reconstruí-las, refazê-las” (p. 130). Assim, para os autores, “pensar é também actuar” (p. 130). Ao actuar sobre o mundo, agimos, mas essa acção é alimentada pelo pensamento. Ora, o Vê de Gowin permite uma interligação activa entre o pensamento e a acção. Na figura 34 indicamos o Vê de Gowin, com os seus componentes.

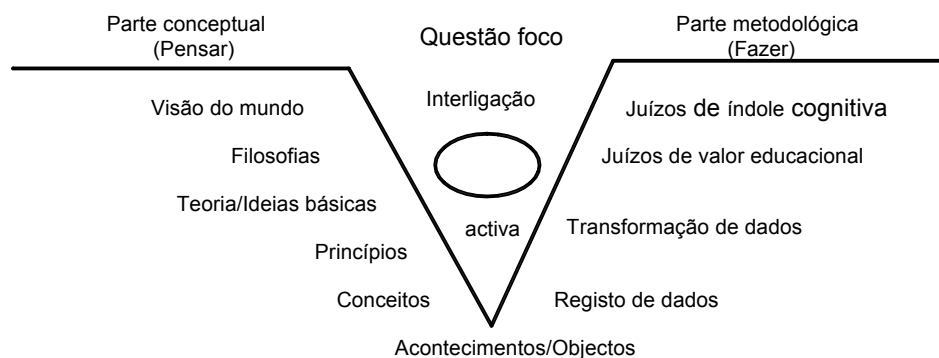


Figura 34- Vê de Gowin

Aproveitando intencionalmente a forma do Vê, Gowin colocou no seu vértice os acontecimentos/objectos. É sobre eles que incide a pesquisa. Em destaque, na parte superior e central, encontra-se a questão-foco, que traduz o problema, aquilo que se quer conhecer a respeito dos acontecimentos/objectos. Muitas vezes, o aluno em laboratório “trabalha às cegas” (idem, p. 24), sem ter tomado consciência daquilo que se está a pesquisar, das questões para as quais se pretendem encontrar respostas.

O ramo à esquerda do Vê refere-se à parte conceptual da pesquisa do aluno, ao pensamento, àquilo que o educando traz na mente e que é fundamental para a construção do conhecimento. O ramo à direita é a acção, a metodologia que o estudante segue no percurso de construção do conhecimento pretendido.

Ao não atribuir importância à interacção entre os dois ramos do Vê, os professores e estudantes tenderão a cingir-se ao ramo direito e encará-lo como uma dada sucessão de passos que levarão à descoberta de uma verdade sobre alguma coisa. E caem assim numa visão empírico-inductivista associada ao mítico “método científico”, fortemente posta em causa pela epistemologia actual, devendo ser abandonada no ensino das ciências (Moreira, 2000). A produção do conhecimento é o resultado proveniente da integração constructiva de pensar, sentir e fazer num dado contexto (idem).

Os conceitos - “signos ou símbolos que traduzem regularidades nos acontecimentos e são partilhados socialmente” (Novak e Gowin 1999, p. 72) - actuam na selecção dos acontecimentos e dos objectos que decidimos observar e dos registos que decidimos fazer. Na opinião de Moreira (1999), os conceitos “são usados para pensar e dar respostas rotineiras e estáveis ao fluxo de acontecimento” (p. 13).

A tríade formada por acontecimentos/objectos, conceitos, e registos constitui a “charneira” em torno, da qual “gira” a construção do conhecimento” (Valadares e Graça, 1998, p. 24). Segundo estes autores,

é com os conceitos que o aluno raciocina, é com eles que investiga os acontecimentos/objectos, é da interacção dos conceitos do aluno com o sistema em estudo que ressalta o objecto da pesquisa, que resultam os registos que ele faz. (p. 24).

Contudo, não são apenas os acontecimentos/objectos que conduzem aos factos (registos válidos), mas também as ideias prévias dos sujeitos. O novo conhecimento é construído sobre o anterior. Sobre os factos, constroem-se os juízos cognitivos e, a partir destes, os juízos de valor. Todavia, os factos precisam muitas vezes de ser arrumados, trabalhados, e então são transformados. Esta transformação de dados também assenta:

- em teorias - “conjunto de conceitos relacionados logicamente que permitem conjunto de raciocínios conduzindo a explicações” (Novak e Gowin 1999, p. 72). As teorias envolvem “muitos conceitos e princípios. Subjacentes às teorias estão sistemas de valores aos quais se pode chamar de filosofias ou visões do mundo” (Moreira, 1999, p. 13);
- em princípios - “regras conceptuais que governam a ligação entre os padrões existentes nos fenómenos; têm forma de proposições” (Novak e Gowin 1999, p. 72). Para Moreira (1999) os “princípios são relações significativas entre conceitos” (p. 13).

Uns e outros fazem parte da componente conceptual do Vê, ou seja, da produção do conhecimento.

Assim, a partir dos dados transformados podemos construir juízos cognitivos - afirmações que traduzem aquilo que julgamos ser a resposta à pergunta central - e a partir destes é possível exprimirem-se os juízos de valor, que dão respostas acerca do valor do conhecimento produzido (Moreira e Buchweitz, 1993).

Por outro lado, a formulação destes juízos é um acto idiossincrásico. Tal como explicitam Valadares e Graça (1998), “é vulgar os alunos, perante os mesmos resultados, estabelecerem juízos diferentes. E a história da ciência mostra-nos que o mesmo tem sucedido com os cientistas” (p. 25).

As novas asserções de conhecimento permitem-nos “melhorar e/ou alterar o significado de conceitos e princípios, bem como reconhecer novas relações entre eles” (Novak e Gowin 1999, p. 78) ou, ocasionalmente, novas teorias (Moreira e Buchweitz, 1993).

Ao pretender-se utilizar o Vê como estratégia aplicada em sala de aula, esta deve ser usada depois dos mapas conceptuais, quando os alunos já se encontrarem familiarizados com o que se entende por conceitos e acontecimentos. Este instrumento, por exemplo, pode ser introduzido a partir de um trabalho prático, fazendo-se ainda notar que não existe apenas um modo único de transformar os dados e que as transformações podem conduzir à formulação de juízos cognitivos também diferentes (Novak e Gowin, 1999).



### 3.3 Reflexão final do capítulo 3

Em síntese defendemos neste capítulo a ideia de que a facilitação na aula da aprendizagem significativa passa pela criação de um bom ambiente, que na nossa perspectiva deve ser um ambiente construtivo e investigativo. Nesse ambiente, o acto de educar dirige-se ao aluno, é ele o principal responsável pela sua própria aprendizagem; ao professor compete o papel de facilitador da construção do conhecimento do estudante.

Na construção desse ambiente, é necessário ter em conta alguns aspectos, particularmente as relações interpessoais estabelecidas em sala de aula, a actividade cooperativa, a avaliação das aprendizagens e a utilização de instrumentos metacognitivos.

A análise da relação educativa, enquanto relação interpessoal, mostra que os processos de comunicação e de influência entre professor e aluno derivam do modo como a relação entre eles se estrutura e fortalece, se numa base de igualdade ou de diferença de posições. Por sua vez, tanto o padrão estrutural como o padrão de desenvolvimento da relação educador-educando são determinados por uma concordância dos sujeitos com base nas suas representações mentais dos papéis e posições que a cada um corresponde. Para estas representações contribuem vários factores, entre eles as características pessoais, os modelos culturais e as normas institucionais (Ribeiro, 1989).

Além disso, torna-se imperioso afirmar que na relação professor/aluno é fundamental que o professor se liberte de estereótipos e preconceitos, e mantenha expectativas positivas e adequadas em relação a todos os alunos, uma vez que cada um deles traz seguramente um ou mais aspectos para aquela relação que se quer positiva e construtiva. É importante que o professor não se esqueça que o que está em jogo não são

relações mecânicas em termos de antecedente/consequente, mas algo muito mais complexo e dinâmico, mais semelhante a um processo em espiral, em que tudo é influenciado por tudo, e em que é difícil garantir o que está em primeiro lugar (Solé, 2001, p. 48).

Quanto à abordagem cooperativa, esta é defendida por diversos autores em sala de aula. Esses autores consideram-na como uma estratégia eficaz de promoção da aprendizagem e

de realização escolar dos alunos. De um modo geral, quando decorre num ambiente adequado, é enriquecedora, pois conduz a resultados positivos de aprendizagens significativas quando comparada com estratégias do tipo competitivo ou individualista implementadas nas escolas, conforme o explicitam diversos autores, como Johnson e Johnson (1999) e Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999). Porém, como vimos, não se trata de uma tarefa fácil, uma vez que

existem muitas pressões a favor para ensinar igual aos outros, fazer com que os alunos aprendam sozinhos e não permitir que olhem o que fazem os seus colegas. Aos alunos, custa-lhes a habituarem a trabalhar em conjunto e é possível que tenham, a priori, uma atitude competitiva. (Johnson, Johnson, Holubec, 1994, 1999, p. 62)

O ensino cooperativo é algo complexo que requer do professor competências provenientes de uma formação pedagógica. O trabalhar dessas competências, ao longo dos anos, é que poderá dar ao professor conhecimento para a implementação da aprendizagem cooperativa. Na verdade, como afirmam Freitas e Freitas (2003), “a competência para usar a actividade cooperativa é conseguida através de um progressivo refinamento ao longo de bastante tempo, fruto da prática, da reflexão sobre essa prática e de pôr novamente em prática os ensinamentos resultantes dessa reflexão” (p. 51).

Em relação à avaliação, defendemos a ideia de que um dos seus grandes objectivos deverá ser o de fornecer informação necessária para a melhoria de experiências educacionais futuras. Sendo assim, as estratégias de avaliação a utilizar na sala de aula devem permitir aos alunos uma reflexão sobre o seu próprio processo educacional. Ou, no sentido mais geral, a “metodologia da avaliação deve ser capaz de informar alunos e professores sobre a qualidade da experiência educacional. Logo, a visão holística da avaliação determina que esta seja vista como uma parte fulcral no processo de ensino-aprendizagem” (Porto, 2005, p. 145).

O estudante deve ser avaliado de forma a perceber os seus pontos fracos e fortes e, além disso, devem ser-lhe proporcionadas condições para que os primeiros possam ser corrigidos durante os vários momentos de aprendizagem. O aluno precisa, não apenas de informação sobre a qualidade do seu trabalho, mas também de sugestões construtivas de

como progredir no seu desempenho académico (Porto, 2005). Isto poderá ser conseguido, se a avaliação não for meramente sumativa, mas também de carácter formativo e formador, a incidir em diversos aspectos de aprendizagem. É que a avaliação constitui um processo de aprender e não apenas um processo classificativo.

Apesar das dificuldades assinaladas na implementação da avaliação formativa e formadora, estas não devem deixar de se realizar, pelas vantagens que trazem, por um lado, para a aprendizagem significativa dos alunos e, por outro, para o questionamento dos docentes acerca dos processos e instrumentos utilizados no ensino. Quando avaliamos as aprendizagens dos alunos, estamos também a avaliar o ensino que ministrámos (Coll e Martín, 2001). Neste sentido, “a avaliação nunca é uma avaliação do ensino ou da aprendizagem, em sentido estrito, mas sim uma avaliação dos processos de ensino e aprendizagem” (idem, p. 214).

Os aspectos focados neste capítulo foram tidos em conta na planificação e na implementação das actividades de Acústica a desenvolver nas aulas de Física, que apresentamos mais à frente.

No capítulo 4 apresentamos as características gerais de algumas linhas de investigação relacionadas com o ensino das ciências, posicionando-nos no modelo de ensino por pesquisa, por ser aquele que mais se identifica com as principais ideias associadas aos ambientes construtivistas e investigativos em sala de aula.

## CAPÍTULO 4

### PERSPECTIVAS DE ENSINO: CARACTERIZAÇÃO E EVOLUÇÃO

Neste capítulo iremos abordar, segundo uma perspectiva evolutiva, as principais características de algumas linhas de investigação sobre o ensino das ciências.

Assim, começaremos por analisar alguns aspectos do designado ensino por descoberta (em voga nos anos 60/70), seguindo-se o estudo de algumas características do movimento das concepções alternativas (em curso a partir do meio da década de 70, início dos anos 80) e por fim a perspectiva de ensino que lhe está estreitamente associada – o ensino para a mudança conceptual (anos 80). Terminaremos a evolução das linhas de investigação apresentando uma perspectiva recente do ensino das ciências conhecida como ensino por pesquisa, defendida por autores como Cachapuz et al. (2000) e Cachapuz et al. (2002), não muito distinta, no nosso entender, do modelo de ensino-aprendizagem como investigação orientada, defendido pelos investigadores Furió (1996), Gil-Pérez (1993), Gil-Pérez et al. (1999), Furió (2001), Furió et al. (2006).

Esta nova e recente linha de investigação é fundamentada teoricamente com as recentes componentes epistemológicas, metodológicas e axiológicas relativas àquilo que se ensina. Não devemos esquecer, contudo, que no ensino das ciências é fundamental ter em conta as ideias e as explicações que os alunos trazem para a sala de aula. Associando-se facilmente a esta nova abordagem do ensino da ciência, existe a perspectiva de interligação entre a Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, cujos principais aspectos analisaremos.

Ao apresentar a visão sobre os diferentes modos de olhar o ensino das ciências, pretendemos que a mesma seja enquadrada por um movimento evolutivo, gradual, por vezes, mesmo de ruptura, em relação a alguns aspectos que têm caracterizado recentemente esse ensino.

#### 4.1 Uma antiga intenção de renovação do ensino das ciências: ensino por descoberta

A ideia de que a ciência não é constituída apenas por um corpo teórico de conhecimentos, mas que também inclui um método de trabalho, foi enunciada já em 1891 pelo professor de química H.R. Armstrong num artigo intitulado “The teaching of scientific method”, publicado no The Educational Times (Reid y Hodson, 1993).

Contudo, apenas nos últimos anos da década de 50 (1957) se iniciou um movimento de reforma no ensino das ciências que originou o desenvolvimento da abordagem conhecida, actualmente, por ensino por descoberta (Furió, 2001). Hoje em dia, esta abordagem ainda permanece nas salas de aulas, em particular no ensino básico (Cachapuz et al., 2002).

Trata-se de um movimento que, na altura, surgiu como resposta a críticas provenientes fora da instituição escolar, particularmente oriundas da “constatação da existência de um considerável desfasamento entre os notórios progressos da sociedade industrial e a mediocridade dos programas de ensino em uso para o ensino das ciências” (Santos 1998, p. 29).

Nos Estados Unidos da América um dos factores que mais contribuiu para chamar a atenção da opinião pública para a necessidade de novos métodos de educação em ciência, foi o episódio do lançamento bem sucedido da cápsula espacial soviética Sputnik, que ocorreu no dia 4 de Outubro (síndrome do Sputnik) (Mintzes et al., 2000; Santos 1998).

A partir desta altura, grandes verbas foram disponibilizadas para a reforma do ensino das ciências, tendo surgido diversos projectos inovadores baseados na aprendizagem por descoberta (Santos, 1998). É de destacar, particularmente, o projecto Nuffield (originário do Reino Unido) e o projecto Biological Science Education Studies (BSCS, oriundo dos E.U.A.), que tiveram, na época, uma grande influência nos programas oficiais portugueses (Santos, 1998).

Para esta investigadora, as características mais significativas destes novos currículos de ciência foram:

- *“deslocação do ensino das ciências de um corpo de conhecimentos para um método que gera e valida tais conhecimentos;*
- *apresentação da ciência como uma tarefa inacabada;*
- *relevância dada ao trabalho de investigação desenvolvido pelo aluno segundo o estilo do trabalho do cientista” (p. 30).*

A visão do aluno trabalhar como um cientista corresponde à conhecida “metáfora do aluno cientista” (Cachapuz et al., 2002, p. 147).

O ensino por descoberta parte do pressuposto de que os alunos aprendem, por conta própria, qualquer conteúdo científico a partir da observação que realizam numa dada actividade experimental realizada em sala de aula. Esta abordagem enfatiza a actividade do sujeito, sobretudo mobilizada pela via sensorial, construindo ideias a partir dos factos fornecidos ou então obtidos. Este processo consolida-se, pois, em perspectivas empiristas/indutivistas (Silveira, 1996; Santos, 1998; Cachapuz et al., 2002).

A este propósito Cachapuz et al. (2002) afirmam que “a natureza é a fonte de dados, eles estão aí, basta empenhar-se em descobri-los. Pede-se ao aluno que ponha nessa descoberta o seu empenhamento e ver-se-á que chegará às ideias e ao entendimento delas” (p. 149).

Nesta abordagem não se tem em linha de conta, por um lado, a construção activa do conhecimento, que pressupõe um intercâmbio de ideias entre os diversos intervenientes do processo de ensino-aprendizagem e, por outro lado, não se considera o estudante, “enquanto possuidor de dificuldades conceptuais. Estas são resolvidas pelo método todo-poderoso, o método científico, e ao aluno basta seguir atentamente as instruções do professor e os resultados surgirão sem questionamento” (idem, p. 149).

Os estudantes poderão trabalhar em grupo tendo como objectivo chegar às respostas que o professor de antemão já tinha previsto. Nesta perspectiva, “a conflitualidade cognitiva bem como o erro são desvalorizados ou até mesmo excluídos no processo de aprendizagem e os alunos devem chegar pacificamente (com o professor) aos mesmos resultados” (idem, p. 149).

Na aprendizagem por descoberta o trabalho experimental é um instrumento privilegiado, devendo este ser, frequentemente, realizado pelos discentes. Este facto não é de estranhar, uma vez que é essencialmente em torno do exercitar as capacidades processuais do estudante, respeitantes à aplicação do método científico, que se ajuda a melhorar a sua capacidade de pensar e de aprender. Este método “encontra-se marcado por uma lógica de objectividade e rigor bem caracterizados pelo positivismo” (idem, p. 148).

A problematização neste tipo de abordagem praticamente não existe, “pois o protocolo seguindo sistematicamente os passos dá a segurança ao aluno do que está a realizar” (idem, p. 151), além disso, “qualquer tentativa de ultrapassar o observado é destituída de sentido” (Silveira, 1996, p. 39).

Os reformistas pós-Sputnik, que impulsionaram este novo tipo de abordagem do ensino das ciências, apoiaram-se, sobretudo, nas teorias de um grupo de psicólogos de aprendizagem e desenvolvimento e, ainda, em teóricos de curriculum. De entre estes, destacam-se os trabalhos de Piaget (1965), Bruner (1960), Schwab (1962) e Gagné (1963) (Mintzes et al., 2000).

Schwab (1962) contribuiu em muito para o projecto BSCS apoiando “o papel desempenhado pela investigação laboratorial aberta (“inquérito dentro do inquérito”), como uma maneira de encorajar os alunos a fazerem perguntas, observarem, registarem, transformarem os dados e desenvolverem tentativas de conclusão” (citado em Mintzes et al., 2000, p. 51).

Deste modo, segundo Schwab (1962), desenvolviam-se “hábitos mentais que permitiam ao indivíduo raciocinar cientificamente e assim podia participar nas práticas relacionadas com a avaliação e construção do conhecimento científico” (Duschl, 1995, p. 6).

Segundo Mintzes et al. (2000), muitos dos aspectos da abordagem da ciência conhecida por “hands-on” (mãos-ao-trabalho) podem ser associados aos primeiros trabalhos de Schwab.

As ideias de Schwab, associadas às de Gagné, sobre os métodos de inquérito, influenciaram o trabalho da AAAS (Associação Americana para o Progresso da Ciência), particularmente o projecto “Science AAAS-Process Approach”, que “foi inteiramente dedicado ao desenvolvimento da compreensão das capacidades inerentes aos processos das ciências (e.g., observar, classificar, comunicar)” (Mintzes et al., 2000).

Passado o entusiasmo dos anos 60 e 70, o alvorecer dos anos 80 é marcado pelo ensino das ciências estar novamente em crise. Paralelamente a uma fase de criticismo, surge uma vaga de investigação sobre práticas de ensino relativas às tendências metodológicas deste tipo de abordagem (Santos, 1998).

Segundo diversos autores, nomeadamente Santos (1998, p. 33) e Furió (2001, p. 19), os resultados obtidos por tais pesquisas revelaram que:

- o insucesso escolar não diminuía;
- a mobilização para cursos de opção relacionados com o conhecimento científico não aumentava;
- as atitudes de professores e alunos para com a ciência e os cientistas revelavam-se muito desfasadas face a doutrinas defendidas pela epistemologia contemporânea da ciência;
- a presença das misconceptions não diminuía.

As críticas a este tipo de ensino incidem, sobretudo, em três aspectos. Um deles é que a preocupação do ensino da estrutura do conteúdo científico não foi auxiliada por uma reflexão acerca do modo como a estrutura do conteúdo do pensamento dos alunos está organizada. Este facto terá contribuído para, na opinião de alguns autores, como Shayer e Adey (1983, citados por Santos, 1998), aumentar “o desfasamento entre a exigência conceptual do currículo e o desenvolvimento cognitivo dos alunos” (Santos, 1998, p. 33).

O segundo aspecto prende-se com o facto do método científico ter sido visto como o “mito de um método todo-poderoso, universalmente fecundo, especial, mecânico e perene, a



que os cientistas recorrem para chegar à verdade; mito de um método que pretende fazer dos alunos “pequenos cientistas”” (idem, p. 34).

Ora, este mito não tem em linha de conta que:

- a ciência não evolui de forma linear e sequencial, dos factos para as ideias;
- os procedimentos científicos não são perenes no tempo e, além disso, não são uniformes de ciência para ciência;
- existem diferenças significativas entre a investigação científica e a realizada em sala de aula (idem).

Diversos autores, como Ausubel et al. (1980), Perez (1983, citado por Santos, 1998, p. 36) e Furió (2001, p. 18), criticaram acerrimamente esta abordagem, afirmando que, “esperar que os conceitos (abstractos) nasçam espontaneamente da experiência directa é inútil e prejudicial à educação” (Ausubel et al., 1980, p. 92). Na opinião de Perez (1983, p. 29, citado por Santos, 1998, p. 36), este tipo de ensino, “que concebe o desenvolvimento das crianças como um processo de maturação espontânea, não proporciona mais do que um conjunto de aquisições dispersas”.

Porém, apesar do “fracasso” deste tipo de ensino Furió (2001) e Gil-Pérez (1993) defendem a ideia de que esta forma de abordagem trouxe efeitos considerados bastante positivos ao ensino das ciências, uma vez que obrigou os críticos deste tipo de abordagem a reflectirem sobre a natureza da ciência e da actividade científica. Também Cachapuz et al. (2002) defendem que, apesar das críticas, o ensino por descoberta constitui um salto qualitativo no ensino das ciências, uma vez que, por um lado, trouxe o trabalho experimental para o centro das atenções e, por outro, não só valorizou o papel do aluno, como ainda tornou o aluno o centro do processo de aprendizagem. Com este método o estudante é chamado a participar activamente em sala de aula, ainda que muitas vezes guiado e conduzido habilmente pelo respectivo docente.

Nos finais dos anos setenta as mudanças no campo epistemológico começaram a influenciar a didáctica das ciências. Particularmente, as ideias começaram a ser vistas como “fonte de controvérsia, de sentido argumentativo, de diálogo e as teorias como algo que os cientistas constroem, ainda que provisoriamente” (idem, p. 152). Além disso, os alunos transportavam para a escola ideias que deviam ser tidas em conta pelos professores. Estas reflexões conduziram a uma mudança na perspectiva sobre o ensino das ciências.

Segundo Head (1986, citado em Ruz e López, 1997), três factores poderão estar na origem do crescente de investigações acerca das concepções dos alunos, incluídas num amplo movimento que ficou conhecido como o movimento das concepções alternativas. São eles:

- o momento adequado para que surgissem novas ideias, uma vez que, na altura, existia uma certa desilusão com as teorias dominantes, particularmente, a aprendizagem por descoberta e a teoria de Piaget. Investigadores como Drivers y Easley (1978, citado em Ruz e López, 1997) e Posner et al. (1982) defendiam a ideia da necessidade de um trabalho que incidisse mais no conteúdo conceptual das ideias dos alunos e menos nas estruturas lógicas que se pensam que lhe estão subjacentes;
- os desenvolvimentos recentes da psicologia cognitiva, com a introdução dos trabalhos de Kelly e Ausubel (autores já trabalhados no capítulo 3). Particularmente, Ausubel tinha chamado a atenção para a importância do conhecimento prévio como factor determinante da aprendizagem;
- a simpatia de muitos professores e investigadores face ao movimento das “ideias do alunos” uma vez que estas, ao serem consideradas na sala de aula, contribuíam para a integração dos mesmos.

Esta linha de investigação teve influências de outros autores, como Bachelard e Vygotsky, cujas principais ideias foram abordadas nos capítulos 1 e 2, respectivamente. Contudo, relembre-se aqui algumas delas.

Para Bachelard (2001), o conhecimento prévio dos alunos é a base das construções das novas concepções. Efectivamente, diz este epistemólogo, “nós conhecemos contra um conhecimento anterior” (p. 165). Torna-se, assim, “impossível, de um só golpe, fazer tábua rasa dos conhecimentos usuais” (idem, p. 165). Especificamente, no caso da Física, os professores “não reflectiram no facto de que o adolescente chega à aula de física com conhecimentos empíricos já construídos” (idem, p. 168).

As concepções alternativas à luz da epistemologia de Bachelard não são interpretadas como imperfeições do sistema cognitivo dos alunos, mas, sim, consideradas como positivas e bastante úteis na aquisição do novo conhecimento.

Vygotsky (1991) considera que os alunos, como membros de um determinado grupo sociocultural, vivenciam experiências e operam sobre todo o material cultural a que têm acesso. O conhecimento daí adquirido deve ser considerado em sala de aula pelo professor.

O estudo sobre as ideias dos alunos em ciências tem sido um dos campos de investigação em didáctica das ciências mais frutíferos nas últimas décadas (Caamaño, 1996). Segundo este autor, este conjunto de pesquisas realizaram-se, maioritariamente, numa perspectiva construtivista da aprendizagem das ciências, tendo dado lugar a numerosas propostas didácticas que tentam conseguir uma maior eficácia na tarefa de ajudar os alunos a construir concepções científicas correctas.

#### 4.2 A natureza das concepções dos alunos

A partir da segunda metade da década de setenta e, sobretudo, desde o começo dos anos 80 constatou-se, empiricamente, que os alunos, antes de terem acesso à instrução formal, já desenvolveram um pensamento próprio sobre alguns dos fenómenos naturais (Driver e Oldham, 1986; Driver, 1989; Driver et al., 1994a; Driver et al. 1994b; Driver et al., 1999; Ruz e López, 1997), o qual interfere fortemente com a sua aprendizagem.

As crianças vão para a escola já equipadas com um conhecimento mais ou menos sofisticado acerca do modo como o mundo funciona (Hills, 1989). Particularmente, dispõem de uma física, uma química ou uma biologia intuitivas, mas também têm um conhecimento informal acerca do mundo social e histórico, para além de uma matemática e de uma psicologia também intuitivas que, no seu dia-a-dia, lhe conferem adaptabilidade (Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Hills (1989) compara as ideias e crenças não trabalhadas que os estudantes trazem consigo para as aulas de ciência com um iceberg ainda não detectado, salientando a necessidade de explorar os seus contornos. O autor acrescenta ainda que, por debaixo da superfície desse iceberg, existe ainda um gigantesco campo a explorar.

As concepções dos alunos podem diferir substancialmente daquelas ideias que se pretendem ensinar, influenciando, conseqüentemente, a aprendizagem (Driver, 1989).

Alguns autores, como, por exemplo, Posner et al. (1982), evidenciam a ideia de que a maior parte das dificuldades que os alunos sentem na aprendizagem de ciência provêm do conhecimento que adquiriram antes do período de instrução. No dizer de Bachelard (2001), é neste saber que “residem causas de estagnação e mesmo de regressão” (idem p. 165).

Além disso, existe uma forte interacção entre os conhecimentos que os alunos têm na sua bagagem cognitiva e que utilizam para explicar as novas experiências a que estão sujeitos, e aqueles conhecimentos que estão a receber (Hewson, 2001).

Deste modo, torna-se imprescindível que o docente conheça as concepções dos seus alunos, assim como as que foram reconhecidas em investigações realizadas nesta área, um pouco por todo o lado (Driver e Oldham, 1986; Pozo et al., 1991; Cubero, 2000). A ignorância deste conhecimento, por parte dos professores, contribui para o aumento das dificuldades de aprendizagem dos alunos (Posner et al., 1982), constituindo esta “uma das principais causas da ineficácia da acção educativa” (Santos, 1998, p. 92).

Porém, apesar de existir uma extensa investigação nesta área da pesquisa, nem todos os investigadores utilizam a mesma terminologia quando se referem às “concepções

alternativas”. Este facto é assinalado por diversos pesquisadores, como Ambiola (1988), Wandersee et al. (1994), Jiménez, Solano y Marín (1994, citado em Ruz e López, 1997), Furió (1996), Santos (1998) e Posada (2000). Estes autores referem diversas investigações em que são utilizadas designações tais como: concepções prévias, esquemas dos alunos, erros conceptuais, ciência dos alunos, equívocos persistentes, representações, ideias intuitivas, entre outras.

Para Santos (1998), as ideias dos alunos situam-se em dois campos diferentes. Um, em que os termos utilizados têm uma conotação negativa e o outro, em que as expressões utilizadas possuem uma conotação positiva. No primeiro caso, surgem expressões como “concepção errada”, “compreensão errada” e “pré-concepção” (idem, p. 93). São consideradas formas primitivas, evitáveis, desinteressantes de compreensão, que, através de um ensino formal bem estruturado, acabarão por ser facilmente desalojadas (Valadares, 1995; Santos, 1998).

Por sua vez, no segundo caso aparecem designações como “estrutura alternativa”, “concepção alternativa”, “representação espontânea”, “raciocínio espontâneo”, “ciência da criança” (Santos, 1998). Neste contexto, apreciam-se as representações dos alunos “nos seus próprios termos, a partir de dentro e não em função de um sistema exterior” (idem, p. 95). No dizer de Valadares (1995), estas apresentam

características universais, revelam uma estrutura consistente, constituem potenciais modelos explicativos podendo unificar vários fenómenos, resultam de um esforço de teorização baseado numa estrutura conceptual alternativa e de modo algum se confundem com interpretações momentâneas ou singulares, simples erros de cálculo ou distrações. (p. 288)

Esta visão vai ao encontro de diversos autores, nomeadamente, Cachapuz (1993, p. 48) e Cachapuz (1995, p. 361), que defendem a designação de concepções alternativas como dizendo respeito a “ideias que aparecem como alternativas a versões científicas de momentos aceites” não sendo encaradas como “simples distrações, lapsos de memória ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos”.

Segundo Santos (1998), a dicotomia anterior tem a ver com o facto das representações dos alunos serem “vistas como imperfeições no seu sistema cognitivo” (p. 94) ou, então, são encaradas “não como defeitos de pensamento, mas como testemunhos inevitáveis de explicações pessoais com valor positivo no processo de construção activa do conhecimento” (idem).

Na presente investigação, adoptamos as ideias destes últimos autores, utilizando a expressão concepções alternativas, no seu sentido geral.

Além disso, usamos a expressão concepções prévias atribuída, somente, às concepções que os estudantes possuem ao partir para a abordagem de determinada temática científica. Neste sentido, partilhamos a opinião de Posada (2000), de que tais concepções “são as noções que os alunos trazem consigo antes da aprendizagem formal de uma determinada matéria” (p. 365).

Acrescentemos, ainda, uma outra expressão, que também partilhamos. Trata-se da designação “concepção errónea” (tradução do inglês misconceptions), como sinónimo de concepção alternativa, utilizada pelos investigadores Meheut, Saltiel y Tiberghien (1985). Segundo eles, a designação “concepção errónea” diz respeito “a esquemas explicativos dos sujeitos, que diferem dos aceites pela comunidade científica” (Meheut, Saltiel y Tiberghien, 1985, citados por Ruz e López, 1997, p. 32).

#### 4.3 Características gerais das concepções alternativas dos alunos

Diversos autores como Posner et al. (1982), Driver e Oldham (1986), Driver et al. (1999), Pozo et al. (1991), Driver et al. (1994b), Wandersee et al. (1994), Pfundt e Duit (1994, citados em Duit, 1995 e em Pozo e Gómez Crespo, 2004), Valadares (1995), Caamaño (1996), Fúrio (1996), Ruz e López (1997), Santos (1998), Cubero (2000), Posada (2000) e Pozo e Gómez Crespo (2004), apresentam uma vasta investigação realizada acerca das concepções prévias dos alunos. A distribuição do enorme volume de produção de artigos não foi uniforme em

todas as disciplinas, sendo os conceitos de física os que receberam mais atenção, seguindo-se os de biologia e química e, em último lugar, a geologia (Furió, 1996).

Apesar da diversidade do tipo de investigações realizadas sobre as concepções dos alunos, podem-se extrair algumas características comuns (Driver e Oldham, 1986; Duarte e Faria, 1991; Santos, 1991; Pozo et al., 1991; Duschl e Gitomer, 1991; Ruz e López, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 2004), ainda que “se deva entender que se trata de uma generalização limitada e um tanto imprecisa” (Pozo et al., 1991, p. 188).

Desde modo, trata-se de concepções:

- *muito persistentes*, que se mantêm durante muito tempo e que, além disso, não se modificam facilmente utilizando estratégias convencionais;
- *generalizadas*, partilhadas por pessoas de diversas culturas, idades, género e níveis educativos;
- *de carácter mais implícito que explícito*, em que, a maioria das vezes, os alunos a utilizam sem, contudo, as verbalizarem;
- *muito variadas e relativamente coerentes*, sendo evidenciadas pelos estudantes em situações diversas;
- que, nalguns casos, são semelhantes às concepções já superadas na própria história das disciplinas científicas;
- que podem surgir a partir de experiências pessoais muito diversificadas, que incluem a percepção, a cultura, a linguagem, os métodos de ensino, as explicações dos professores e os materiais educativos;
- em que os conceitos parecem estar indiferenciados, o que as conduz a passar de um significado para outro, sem o compreenderem forçosamente.

Pozo e Gómez Crespo (2004) consideram que nem todas as concepções estudadas reflectem as características anteriores, na mesma medida. Assim, em lugar desta generalização, os autores preferem pronunciar-se acerca da natureza e origem dessas

concepções alternativas, procurando investigar os motivos pelos quais estas se revelam tão resistentes à mudança conceptual.

Por outro lado, no quadro de uma perspectiva epistemológica do ensino de raiz construtivista, interessa não apenas identificar as concepções alternativas dos alunos, mas também conhecer as suas origens e a lógica interna, como ponto de partida para estratégias de ensino (Cachapuz, 1993). Nesta linha de pensamento, este autor acrescenta a seguinte analogia:

tal como um médico diagnostica a causa de um sintoma antes de tentar aliviá-lo, assim o professor necessita de diagnosticar os pontos de vista dos seus alunos antes de decidir pôr mãos à obra para os transformar em pontos de vista melhor aceites cientificamente. (Osborne e Freyberg, 1985, citado em Cachapuz, 1993, p. 49)

#### 4.3.1 Origem das concepções alternativas dos alunos

Em sala de aula, muitas vezes, os professores têm de enfrentar a apatia dos alunos, a falta de motivação, as limitações cognitivas no raciocínio e na compreensão, mas também têm de enfrentar um “exército fantasmal” de ideias muito enraizadas que interferem na aprendizagem significativa da ciência (Pozo, 1996). Segundo este autor, não se trata de problemas diferentes mas sim de manifestações de um mesmo problema, a desconexão entre o conhecimento que os estudantes criam para dar sentido ao mundo que os rodeia e o conhecimento científico (Pozo, 1996; Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Sobre as diferenças entre estes dois tipos de conhecimento, Pozo (1996) afirma que, enquanto

o conhecimento conceptual que os alunos trazem para a aula se refere a um mundo quotidiano, um mesocosmos (esse mundo intermediário no qual todos vivemos, composto por objectos e coisas reais, de contornos bem definidos e perceptíveis, que se podem tocar, ver, (...)) trazido pelas coordenadas espaço-temporais do aqui e agora, a ciência que se lhes ensina move-se mais na realidade virtual do microcosmos (células, partículas e outras entidades não observáveis) e do macrocosmos (modelos idealizados, baseados nas leis universais, não vinculados a realidades concretas, mudança biológicas e geológicas que se medem em milhões, senão em milhões de anos, sistemas em interacção complexa, etc.). p. 19



Pozo (1996) defende a ideia de que apenas a relação entre estes dois tipos de análise da realidade, alicerçada na sua diferenciação, pode levar o aluno a compreender o significado dos modelos científicos e, simultaneamente, interessar-se por eles. Assim, é necessário que o professor compreenda o modo como os estudantes interpretam o mundo que os rodeia, e lhes mostre que esse envolvimento requer atitudes, procedimentos e conceitos diferentes daqueles que requer a aprendizagem da ciência (Pozo, 1996, Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Duit (1995) considera que as concepções dos alunos têm de ser encaradas como concepções que valem por si mesmas, sendo muito valiosas na explicação de diversos fenómenos do dia-a-dia. Sendo assim, este investigador considera que os alunos deveriam aprender nas aulas de ciências que, para o mesmo fenómeno, as suas concepções podem diferir das ideias aceites cientificamente. Umas e outras têm o seu mérito e valor específico <sup>1</sup>. Daí que Duit (1995) considere que os estudantes deveriam aprender as diferenças existentes entre essas concepções. O pensamento de eliminar as misconceptions dos estudantes deve ser substituído pelo da coexistência de ideias.

Segundo Pozo (1996) e Pozo e Gómez Crespo (2004), para qualquer domínio que, à partida, nos seja importante, na medida que afecta a nossa vida do dia-a-dia, construímos ideias que nos conduzem a “prever e controlar” os movimentos dos objectos, aumentando, deste modo, a nossa adaptação aos mesmos. Esta necessidade de prever e controlar o que sucede no mundo à nossa volta começa logo à nascença.

Nesta linha de pensamento, Valadares (1995) menciona que, desde cedo

familiarizamo-nos com os entes e as coisas que nos cercam e vamos observando como evolui o mundo à nossa volta. Registamos factos, ouvimos quem nos rodeia e passamos a ter as nossas primeiras representações do mundo. Estas representações baseiam-se numa aprendizagem pessoal, que ocorre desde que nascemos. (p. 285)

Com o desenvolvimento cognitivo e o meio cultural, esse mundo vai-se enriquecendo, tornando-se complexo. Assim como esses conhecimentos se diversificam, também as fontes podem ser diferentes (Pozo, 1996).

A origem das concepções alternativas dos alunos é um domínio que interessa a muitos autores. Por exemplo, para Cubero (2000) as concepções provêm das experiências vividas

com o que os rodeiam, o que escutam e discutem com outras pessoas, o que conhecem pelos meios de comunicação. Por sua vez, Driver et al. (1994a) afirmam que a maioria das concepções que as crianças desenvolvem sobre fenômenos naturais resultam das suas experiências sensoriais, começando a conceptualização a “funcionar desde o berço, ou seja, a partir do momento em que o sujeito faz discriminações no seu meio” (Santos, 1998, p. 168).

Pozo et al. (1991, citado em Pozo, 1996) propõem três vias principais para explicar a origem das concepções: uma origem sensorial, para interpretar aquilo que se designa por “concepções espontâneas” na percepção de fenômenos, processos e observações da vida quotidiana; uma origem cultural, para explicar as chamadas “concepções sociais” resultantes do meio social e cultural que envolve o aluno, sendo a sua transmissão feita por meio da linguagem; e uma origem escolar, as designadas “concepções analógicas” que surgem no desempenho de tarefas onde são estabelecidas analogias com ideias ou esquemas de conhecimentos provenientes de outras áreas (Pozo e Gómez Crespo, 2004).

Acerca da origem cultural, os autores evidenciam que o sistema educativo não é hoje em dia o único veículo de transmissão cultural, pelo que os alunos, ao chegarem às aulas, transportam consigo crenças socialmente induzidas sobre diversos fenômenos.

Como menciona Valadares (1995)

o ser humano nasce e vive integrado em pequenas e grandes comunidades, que são decisivas para o modo como constrói as suas representações do mundo. A família, a escola, a turma, o grupo de estudo onde o aluno se integra, toda a cultura que o rodeia, influenciam os seus pensamentos, os seus sentimentos, as suas paixões e as suas ações, que se combinam para a construção dos seus próprios significados para a experiência vivida. (p. 365)

Assim, são frequentes certas áreas do conhecimento biológico, culturalmente mais significativas, como, por exemplo, ideias sobre saúde e enfermidade, nutrição e reprodução, mas também as relações com o meio ambiente e o clima, por estarem mais próximas das dimensões do “mesocosmos”.

Por outro lado, na nossa cultura a informação flui muito mais rapidamente mas, também, menos organizada. O aluno é diariamente bombardeado por diversos canais de comunicação

que proporcionam conhecimentos científicos, os quais muitas vezes são pouco congruentes entre si. Deste modo competiria à escola, no lugar de considerar-se a única fonte de informação científica, integrar ou reinterpretar essas diversas fontes, permitindo um uso mais discriminativo e reflexivo das mesmas. A instituição escolar “deve ajudar a reconstruir o saber cultural, mas, em lugar disso, muitas vezes, não é senão uma fonte mais de ideias confusas e concepções alternativas” (idem, p. 102).

Sobre a origem escolar, os investigadores Pozo e Gómez Crespo (2004) explicitam que, por vezes, as ideias que os discentes obtêm do conhecimento escolar não reflectem erros conceptuais presentes nos livros de texto ou nas explicações que recebem. Reflectem, bem mais, um “erro” didáctico na forma como os conteúdos são apresentados. Com efeito, “ao não apresentar o conhecimento científico como um saber diferente das outras formas de saber, os alunos tendem a assimilar esses conhecimentos escolares de forma analógica às suas outras fontes de “conhecimento científico” sobre o mundo” (p. 102).

O aluno concebe como análogos sistemas de conhecimentos que, embora complementares, são contudo, diferentes. Esta indiferenciação entre níveis de análise da realidade é, segundo Pozo (1996), “a origem de boa parte das ideias com que os alunos transitam pelo sistema escolar, sem que, no entanto, se detecte, muitas vezes, a sua inadequada assimilação” (p. 24).

Assim, este autor propõe que, sem que os estudantes abandonem as ideias que trazem para a escola, as quais têm aplicações em muitas situações do dia-a-dia, eles construam um conhecimento científico onde as integrarão, isto é, “assimilarão o conhecimento intuitivo no científico e não ao contrário, como sucede habitualmente em boa parte das aprendizagens escolares sobre a ciência” (idem, p. 25). Esta ideia, como já referimos, é partilhada por Duit (1995).

Destacamos o pensamento de Pozo e Gómez Crespo (2004) quando afirmam que os estudantes, por diferentes trilhos, adquirem uma forte bagagem de concepções alternativas, que estão fortemente enraizadas (observadas através dos sentidos, na linguagem, na cultura, nas tarefas escolares) e que, apesar do seu carácter diferente (espontâneo, social ou

escolar), interactivam e se misturam entre si, conduzindo a uma ciência intuitiva, que é muito difícil de modificar nas aulas de ciências, mesmo utilizando estratégias especialmente pensadas para o efeito.

Todas estas ideias contribuem para ajudar o professor a diagnosticar e compreender as concepções dos alunos, assim como a reflectir sobre as estratégias a utilizar em sala de aula. Além disso, têm-se verificado empiricamente que, “é com dificuldade que a mudança conceptual vai ocorrendo, a caminho da apreensão das ideias paradigmaticamente aceites pela comunidade científica” (Valadares, 1995, p. 285).

Diversos investigadores, particularmente Cachapuz (1995) e Valadares (1995), chamam a atenção para a possibilidade de algumas concepções alternativas serem reforçadas nas próprias situações de aprendizagem, “fruto de experiências de aprendizagem mal conduzidas, consequências de um ensino efectuado em más condições pedagógicas” (Valadares, 1995, p. 365). Isto acontece, por exemplo, com os manuais escolares e com os próprios professores, ao utilizarem analogias, linguagem e representações diagramáticas inadequadas ou excessivamente simplistas (Cachapuz, 1995).

Driver e Oldham (1986), Driver (1989) e Furió (1996), por sua vez, chamam a atenção para a dificuldade em se conseguir ultrapassar algumas concepções alternativas dos alunos, dado que estas são resistentes às mudanças, constituindo, por isso, verdadeiros obstáculos epistemológicos que impedem a construção do conhecimento científico. Além disso, há ainda o perigo de as concepções que pareciam ter sido abandonadas, ressurgirem, após um período de latência temporária (Santos, 1998, p. 114). O ensino de certos conceitos não tem impacto sobre as concepções alternativas, uma vez que estas são mascaradas pela memorização desses conceitos, ocorrendo “como que uma colagem para ter êxito nos exames” (idem).

Esta linha de pensamento é defendida por Driver e Oldham (1986). Segundo estes autores as ideias científicas adquiridas pelos alunos até poderão ter êxito quando aplicadas em contextos escolares estereotipados, sobretudo em perguntas de exame, contudo estas

ideias dificilmente se aplicam fora do espaço escolar, na interpretação quotidiana de fenómenos naturais.

Na origem das concepções alternativas dos alunos encontram-se também factores psicológicos, relacionados com o percurso de aprendizagem a que esses estudantes estão sujeitos, e ainda factores sociológicos, onde se incluem os hábitos, as crenças, a linguagem, os pais, os professores, os livros, entre outros factores de natureza social que influenciam a aprendizagem do ser humano (Valadares, 1995).

Segundo este investigador “o ambiente em que um ser humano nasce e vive influencia enormemente as suas representações acerca das novas experiências por que vai passando” (p. 366). Esta opinião é também partilhada por Driver et al. (1994a) que relatam que as ideias das crianças se desenvolvem como resultado da experiência, da socialização e da utilização da linguagem dentro de uma cultura, transformando-se em “visões “do senso comum”” (p. 35).

A linguagem, embora não esteja propriamente na origem das concepções alternativas, influencia-as de modo significativo (Santos, 1998). Vários autores, particularmente, Wandersee et al. (1994), Valadares (1995) e Santos (1998) consideram a linguagem como um dos factores decisivos na formação das concepções dos estudantes.

O desenvolvimento intelectual da criança é provocado, em grande parte, pela transmissão cultural baseada em signos linguísticos, que, frequentemente, são usados de modo cientificamente pouco correcto. Deste modo, quando a criança chega à escola, transporta consigo um léxico muitas vezes cientificamente incorrecto (Valadares, 1995).

Há que ter presente que, muitas vezes, os estudantes não se apercebem dos limites das metáforas utilizadas, nem que a linguagem do dia-a-dia é subtilmente diferente da linguagem da ciência. Além disso, existem significações diferentes atribuídas às mesmas palavras nos dois domínios, que importa distinguir e que o docente tenha em conta (Santos, 1998).

No âmbito das ciências, a linguagem usada está saturada de metáforas e analogias, conforme o comprova a história da ciência. Estas “têm sido usadas pelos(as) cientistas, no

acto da criação ou da descoberta, em várias épocas, independentemente das concepções epistemológicas vigentes” (Oliveira, 2000, p. 21). Além disso, a sua “importância em facilitar a transferência do conhecimento de um domínio conceptual para outro (menos familiar) foi desde sempre reconhecida” (Cachapuz, 1989, p. 118).

Todos os ângulos apontados anteriormente devem ser ponderados pelo professor quando planifica e lecciona em sala de aula.

Na opinião de Head (1986, citado em Ruz e López, 1997) existem profundas razões pedagógicas para explicar quer o novo quer o desconhecido, em termos do familiar e do conhecido. No entanto, este investigador alerta para o facto de que as analogias apenas são úteis em algumas ocasiões. Noutros casos podem até ser contraproducentes, uma vez que podem confundir o análogo com o igual. Esta situação pode complicar-se quando o professor utiliza, também, metáforas (idem).

Oliveira (2000) e Cachapuz (1989) apresentam vários estudos realizados sobre o uso da linguagem metafórica a nível do ensino formal das ciências. Este último investigador salienta que as metáforas e as analogias não são as únicas formas de linguagem metafórica vulgarmente consideradas (por exemplo, símiles e parábolas). Porém, são os formatos que mais se utilizam.

De um modo geral, os estudos apontam para as vantagens que a metáfora e a analogia proporcionam à aprendizagem. A este respeito, e a título meramente exemplificativo, Cachapuz (1989) considera que se deve sensibilizar os professores

para estimularem nas suas aulas o uso pelos alunos de linguagem não na produção de “ruídos científicos” mas sim valorizando aspectos especulativos e criativos que estão na base da construção do conhecimento científico. Um adequado uso da linguagem metafórica nas aulas de ciências pode ajudar um tal objectivo. Pode também ter a vantagem de as tornar mais variadas e motivantes. (p. 126)

Por sua vez, Oliveira (2000) alerta para o facto de a metáfora e a analogia se poderem transformar em espada de dois gumes, devido a diversas razões. Entre elas, o facto de:

- a metáfora ou a analogia nunca serem baseadas num encaixe perfeito entre a fonte (o professor) e o alvo (o aluno);

- o raciocínio analógico só ser possível ocorrer se a fonte da metáfora e da analogia não for baseada em concepções alternativas dos alunos;
- a metáfora e a analogia originais e espontâneas de professores e alunos acontecerem poucas vezes.

Esta autora menciona investigações realizadas por Cachapuz e Oliveira (1990) e Oliveira (1991, 1995) que evidenciam a ideia dos professores de ciências utilizarem de uma forma espontânea e intuitiva, a metáfora e a analogia nas suas práticas de ensino, embora nem sempre o façam de forma consciente, programada e sistemática.

É necessário, pois, “prudência na escolha da metáfora e/ou analogia para a aprendizagem e para a vulgarização dos conhecimentos, principalmente quando destinadas a não especialistas” (Oliveira, 2000, p. 25). Este alerta, feito pela autora, justifica-se na medida que as metáforas e/ou analogias “não são definições, nem exemplos da nova informação, não são neutras, podendo carregar com elas más interpretações, falta de precisão ou uma distorção ou sobrevalorização de alguns aspectos sobre outros de igual importância” (idem).

Além disso, muitas vezes, os estudantes não se apercebem, dos limites da metáfora e da analogia, usando raciocínios analógicos nem sempre muito correctos, conducentes à formulação de concepções alternativas. A utilização das analogias e metáforas pretende ser um suporte didáctico e não uma armadilha didáctica (idem).

Posada (2000), referindo-se às dificuldades que surgem para se conseguir ultrapassar algumas concepções dos alunos, acrescenta que tal facto não deve ser encarado pelos professores como fatalista. Na verdade, “todas estas dificuldades não desanimaram os investigadores que desenharam numerosas estratégias para fazer face às ideias prévias dos alunos” (p. 377).

A existência de concepções nos alunos deve aceitar-se de forma natural, como sendo o reflexo do seu carácter evolutivo, destacando-se a contribuição do professor no desafio desses desenvolvimentos.

O campo de investigação centrado na identificação das ideias dos alunos sobre os conceitos científicos alargou-se ao estudo dos “processos de mudança conceptual” que ocorrem na aprendizagem da ciência (Furió, 1996; Hewson, 2001).

Duschl e Hamilton (1998) consideram que o cerne da mudança conceptual deve ser o de compreender o modo como os sujeitos escolhem, entre diversos pontos de vista alternativos, as teorias do mundo natural.

#### 4.4 Modelos de mudança conceptual

A publicação dos resultados dos múltiplos estudos da fase descritiva do movimento das concepções alternativas representa um material instrutivo fundamental para a formação de professores, para o desenvolvimento curricular e, ainda, para a preparação de estratégias metodológicas a utilizar na sala de aula (Santos, 1998). Porém, actualmente, apesar desse incontestável valor, começam a surgir diversas investigações onde a atenção incide nas estratégias e tipos de intervenção que favorecem a mudança conceptual. Na opinião de Santos (1998)

o grande desafio que se lhe põe (ao professor) é o de ajudar o aluno a utilizar de forma consciente, produtiva e racional o seu potencial de pensamento – ensinar a pensar – bem como, a tornar-se consciente das estratégias de aprendizagem a que recorre para construir (reconstruir) conceitos científicos. (p. 168)

Para as concepções alternativas já identificadas (em particular as referentes a temas relacionados com a ciência), Cachapuz (1993) considera urgente a investigação de estratégias de ensino propícias para ajudar os estudantes a superá-las. É que experiências realizadas no ensino das ciências alicerçadas em modelos de aprendizagem para a mudança conceptual revelam resultados significativos na superação das concepções alternativas dos estudantes (idem).

Para Santos (1998), a perspectiva de mudança conceptual “é a única que traduz uma autêntica formação de conceitos” (p. 169). Por sua vez, Posada (2000) considera-a como



uma ferramenta valiosa, que se pode utilizar para trabalhar as ideias prévias dos alunos, constituindo uma alternativa aos métodos ditos tradicionais (p. 378).

Os teóricos e investigadores do movimento das concepções alternativas, enquadrados na perspectiva da mudança conceptual, tendem a fundamentar os seus modelos de aprendizagem, assim como a projectar os seus estudos apoiando-se uns e outros, em marcos teóricos da epistemologia contemporânea da ciência (Santos, 1998).

Como modelos de aprendizagem conceptual, podem considerar-se os modelos de aquisição conceptual e os modelos de mudança conceptual. Os primeiros assentam em epistemologias empiristas, para as quais todo o conhecimento tem origem na experiência. Os segundos têm o seu mecanismo base da aprendizagem alicerçado na construção do conhecimento, pressuposto central do construtivismo (idem). Segundo estes modelos, o estudante é valorizado, “já não é considerado como sujeito epistémico, mas como sujeito idiossincrático, inserido em situações contextuais concretas, transportando informação e saberes a ter em conta e valorizados” (Cachapuz et al., 2000, pp. 117-118). Ao sujeito compete “uma responsabilidade acrescida, cujo envolvimento cognitivo e atitudinal é indispensável para a mudança de ideias através de (re)construções sucessivas” (idem).

Os modelos de aquisição conceptual, embora a nível teórico sejam, hoje em dia, quase unanimemente recusados, ainda continuam a ser o modelo de aprendizagem mais frequente nas salas de aulas (Cachapuz, 1993; Santos, 1998).

Para a epistemologia clássica faz pouco sentido falar do papel das estruturas teóricas prévias que o sujeito transporta para o acto de conhecer. A sua atenção focaliza-se no objecto do conhecimento. Além disso, parte-se do pressuposto que qualquer observador, agindo de determinado modo, aprende os conceitos de forma idêntica, conseguindo reproduzir fotograficamente a realidade (Santos, 1998).

Os modelos de aquisição conceptual não se enquadram nas teses bachelardianas que ajudam a entender a existência das concepções alternativas. Não prevêm o conhecimento como sendo dialéctico; não se coadunam com modelos pedagógicos que se fecham às

concepções erróneas, aos obstáculos epistemológicos, à reconceptualização e à confrontação cultural; nem se harmonizam com uma pedagogia que tem uma lógica transmissiva daquele que sabe para aquele que não sabe.

Também Popper (1975, citado em Cachapuz, 1993; Santos, 1998) rejeita os modelos de aquisição conceptual, chamando à teoria empirista, onde radicam estes modelos “teoria do balde mental”; considera-a totalmente ingénua e completamente errada.

A teoria do balde mental está na origem de uma metodologia corrente no ensino das ciências, enraizada em modelos de aquisição conceptual. Esta metodologia, no dizer de Santos (1998), “veicula uma concepção indutivista ingénua da experimentação” (p. 172), que faz da observação o seu ponto de partida e a sua pedra de toque na construção dos conceitos (Cachapuz et al., 2000). Neste contexto, os estudantes são levados à ideia de que “o conhecimento científico surge espontaneamente de uma observação rigorosa e de medidas numéricas precisas” (Santos, 1998).

Cachapuz (1993) descreve, em linhas gerais, a abordagem feita ao trabalho experimental na sala de aula:

os alunos seguem um ficha de trabalho que contém algumas instruções técnicas sobre a actividade a realizar, sem que tenha lugar um prévia discussão sobre a lógica e finalidade do trabalho, dos procedimentos a utilizar e da articulação entre uns e outros; como se a simples manipulação experimental fosse em si mesma geradora de novos conhecimentos. (p. 49)

A nível psicológico, os modelos de aprendizagem por aquisição conceptual encontram o seu fundamento nas teorias behavioristas. Estas

pretendem explicar o comportamento humano fazendo uma abordagem do sujeito psicológico em termos de uma caixa negra. O meio fornece a essa caixa negra “inputs” – informações que são directamente transmitidas e acumuladas pelo organismo. Os comportamentos resultantes são os “outputs”. (Santos, 1998, p. 172)

Em síntese, estes modelos de aprendizagem, baseados nas referidas teses epistemológicas e psicológicas, consideram que “conhecer e aprender consistem, essencialmente, em preencher um vazio do saber e não em substituir uma multiplicidade de representações, que evidenciam grande estabilidade mas que são mutáveis” (idem, p. 173).

Para os modelos de aquisição conceptual, a questão básica tem a ver com o modo como se adicionam os conceitos. Enquanto que, para os modelos de mudança conceptual, a questão básica é saber como é que se mudam os conceitos sob o impacto de novas ideias ou então de novas evidências. No primeiro modelo, a actividade dos alunos limita-se a simples operações de adição ou subtracção de informações aos conhecimentos existentes; no segundo, admite-se que tal actividade de aprendizagem é bastante mais complexa, sendo o ponto de partida aquilo que o aluno já sabe. Na génese dos modelos de aprendizagem por mudança conceptual encontram-se as epistemologias construtivistas.

Os defensores do modelo de mudança conceptual advogam que:

- é o próprio aluno que constrói (reconstrói) os conhecimentos, assim como os instrumentos a utilizar para os adquirir;
- é a actividade do aluno que lhe vai permitir organizar (reorganizar) os conhecimentos em esquemas, cada um com a sua estrutura própria;
- compete ao aluno traçar os degraus daquilo que é familiar para o que é novo (Santos, 1998).

À semelhança do defendido por Santos (1998), englobamos na designação geral mudança conceptual o “conjunto de processos e de resultados desses processos introduzidos por decisões de empreender mudanças não só nos conteúdos da estrutura conceptual mas também na organização estrutural desses conteúdos” (p. 176).

Das várias designações atribuídas a diferentes modelos de mudança conceptual, adoptamos as de Hewson (1981, citado por Santos, 1998) que sustenta que uma nova concepção pode substituir e ser reconciliada com as concepções remanescentes, através de um processo de troca conceptual, ou então ser reconciliada com as concepções já existentes, através de um processo denominado de captura conceptual.

Estes últimos modelos têm subjacentes teorias da aprendizagem que se baseiam no pressuposto de que existe algo nas representações dos alunos que permite a ancoragem (Santos, 1998). Defende esta investigadora que

o novo é construído no prolongamento do familiar por incorporação de novos elementos, e que no processo de ensino/aprendizagem se devem tentar evidenciar, logo de início, pontes entre os dois tipos de conhecimento (privado e público) de forma a reconciliar ideias que, à partida, pareciam opor-se. (p. 178)

Em limite, estes modelos pressupõem a existência de um certo isomorfismo entre os dois tipos de conhecimento referidos anteriormente, e defendem que a mudança conceptual não deve envolver conflito cognitivo.

A epistemologia que fundamenta os modelos de captura conceptual é uma epistemologia continuísta da ciência. Tal epistemologia cogita a ciência como um tipo de conhecimento que cresce de forma contínua e característica (idem).

Os modelos de troca conceptual encontram os seus fundamentos na epistemologia descontinuísta da ciência. Trata-se de uma epistemologia que acentua a ruptura, o hiato e não a homogeneidade, tal como acontece no modelo de captura conceptual, radicado em epistemologias continuístas.

Para Santos (1998), os modelos de troca conceptual centram a atenção nas representações dos estudantes que, a priori, são incoerentes e, portanto, não conciliáveis com os conceitos científicos a aprender. O objectivo é, então, promover a sua desorganização estrutural. Esta desorganização vai permitir abrir caminho à reorganização estrutural - à troca das concepções alternativas por conceitos científicos que, mais tarde, se reconciliam com as estruturas conceptuais já existentes.

Posada (2000) menciona diversas situações comuns, detectadas na investigação educacional, que ocorrem como fruto da interacção entre as concepções alternativas e as científicas. Deste modo:

- em algumas ocasiões misturam-se as concepções alternativas com as concepções científicas;
- por vezes, no decurso do processo de aprendizagem, as concepções alternativas saem reforçadas, em detrimento das científicas;

- as concepções alternativas podem persistir durante muito tempo após o estudo da matéria, levando o estudante a adquirir uma linguagem mais técnica, mas permanecendo inalterável o seu ponto de vista;
- o aluno recusa utilizar o ponto de vista do professor como alternativa de interpretação do mundo, mas admite que deve estudá-lo, apenas para atingir determinados fins académicos. Nesse sentido, ambas as concepções coexistem, porém, são utilizadas em contextos diferentes;
- pode prevalecer o ponto de vista científico. Nesta situação, atingiu-se o objectivo proposto pelo trabalho docente, aproximando o ponto de vista dos alunos de uma perspectiva científica.

Na época, pensou-se que o modelo de aprendizagem mais apropriado para o desaparecimento das concepções alternativas era o da troca conceptual. Actualmente, esta ideia está ultrapassada. Hoje em dia, defende-se o ensino por pesquisa, que irá ser abordado mais à frente, no presente capítulo.

A partir da análise de trabalhos de historiadores e filósofos contemporâneos da Ciência, nomeadamente, Kuhn, Lakatos e Toulmin, um grupo de investigadores, constituído por Posner, Strike e Gertzog, do Departamento de Educação da Universidade de Cornell, nos E.U.A., e por Hewson, da Universidade de Witwatersrand, na África do Sul (1982), estabeleceu os fundamentos dos modelos de mudança conceptual (Duit e Treagust, 1998; Santos, 1998).

Para Posner, Strike, Hewson e Gertzog, (1982), a aprendizagem é uma actividade racional, isto é, “aprender é, fundamentalmente, chegar a compreender e aceitar as ideias, uma vez que estas são inteligíveis e racionais” (p. 90). Este grupo de investigadores estabelece correspondência entre a mudança na organização das concepções alternativas dos alunos e a mudança de paradigmas na comunidade científica ao longo da história.

A transição de uma concepção alternativa para uma concepção científica ocorre em termos de assimilação e de acomodação. O primeiro caso surge quando os alunos usam os conceitos existentes para lidar com novos fenómenos. O segundo quando os conceitos

prévios dos alunos são inadequados para lhes permitir agarrar novos fenómenos com sucesso; nesse caso, os estudantes devem substituir ou reorganizar os conceitos centrais.

O modelo de mudança conceptual originou diversas propostas de modelos de ensino (Duarte e Faria, 1991, p. 77; Furió, 2001, p. 24-25; Posada, 2001, p. 378-379). E, apesar de entre elas existirem diferenças, têm procedimentos comuns. Deste modo, existe uma:

- fase de explicitação das ideias que os alunos possuem;
- etapa onde se providenciam experiências que conduzam ao desenvolvimento/reestruturação dessas ideias;
- fase de utilização de estratégias que encorajem os alunos a reflectir sobre as suas ideias;
- etapa de aplicação, onde são dadas aos alunos oportunidades para utilizarem as novas ideias em diferentes situações e, assim, compreenderem a sua utilidade.

A título meramente exemplificativo, apresentamos a mais conhecida e influente destas propostas, a dos autores Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982). Estes investigadores referem quatro condições que são comuns à maioria dos casos onde ocorre a troca conceptual (acomodação – termo usado por estes investigadores, que se inspiraram bastante na Psicologia de Piaget). São elas:

- a insatisfação com as concepções existentes - os alunos só estarão receptivos a mudarem o seu modo de pensar depois de terem enfrentado um conjunto de problemas ou dificuldades sobre as ideias que possuem;
- a nova concepção deve ser compreensível - é impossível a apropriação e maturação da nova ideia se esta não for compreendida pelos estudantes;
- uma nova concepção deve ser plausível - a concepção apresentada deve resolver, de forma satisfatória, os problemas que a anterior não resolvia;
- a nova concepção deve ser útil - o campo de aplicabilidade deve ser maior que o anterior, explicando um maior número de situações, além de oferecer a

possibilidade de ser aplicada a novas situações, permitindo novas percepções relativas a outros fenómenos.

Outra característica-chave desta teoria, para além do status (estatuto) que as ideias têm para a pessoa (determinado pela inteligibilidade, plausibilidade e utilidade das ideias), é a ecologia conceptual (Posner et al. 1982; Hewson e Beeth, 1995; Duit e Treagust, 1998; Hewson et al., 1998). Esta designação - ecologia conceptual - significa, neste contexto, que a estrutura cognitiva do sujeito é um sistema em que as diversas partes estão relacionadas, tal como as interacções existentes num dado ecossistema (Duit e Treagust, 1998; Hewson et al., 1998). Sendo assim, a “ecologia conceptual inclui outros conhecimentos que a pessoa tem e que interactivam com essas ideias no processo de determinação e de mudança do seu status” (Hewson e Beeth, 1995, p. 25).

As duas características que mais influenciam a ecologia conceptual de um dado sujeito, interferindo na direcção da acomodação, são a anomalia e os pressupostos fundamentais sobre a ciência e o conhecimento. Quanto mais séria for a anomalia considerada pelos estudantes, mais insatisfeitos se encontrarão e mais preparados estarão para acomodar novos conceitos (Posner et al., 1982).

A investigadora Duit (1995) afirma que a maioria dos estudos que direccionam para a mudança conceptual utiliza como estratégia o conflito cognitivo. Este constitui uma parte essencial do processo de “persuadir” os estudantes acerca do valor da visão científica (Festinger, 1962, citado em Duit, 1995).

Sobre o papel do conflito, existem visões diferentes. Alguns autores vêem o conflito como sendo um meio para ajudar os estudantes a reconhecerem que as suas concepções podem ser problemáticas, enquanto que outros encaram as concepções dos alunos como uma oportunidade para futuras aprendizagens, minimizando a importância do conflito (Hewson et al., 1998).

Duit e Treagust (1998) chamam a atenção para o facto crucial, nas estratégias que utilizam o conflito cognitivo, de o aluno ter de “sentir” este conflito. Muitas vezes, os estudantes não o sentem (Duit, 1995).

A teoria de Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982) foi sujeita a críticas, inclusive dos próprios autores (1992), que sugeriram que a teoria inicial colocava demasiada ênfase nos aspectos racionais, em detrimento dos afectivos e sociais. Além disso, a ecologia conceptual deveria ser vista mais em termos de um sistema dinâmico do que a teoria inicial prévia (Duit e Treagust, 1998).

A ecologia conceptual engloba vários “conhecimentos que o estudante tem, e que interactuam com as concepções no processo de determinação e de mudança do seu estatuto” (Posada, 2000, p. 385).

Posteriormente, as ideias de Posner et al. (1982) vieram a influenciar outras teorias, como a de Chi et al. (1994), Vosniadou (1994) e Hewson y Beath (1995) <sup>2</sup>.

No modelo de mudança conceptual, seja qual for o modelo de ensino utilizado, a característica fundamental é

fazer ver ao aluno que a sua teoria está errónea e que deve substituí-la por outra melhor, mais próxima da teoria cientificamente aceite. As concepções alternativas deverão estar presentes na avaliação inicial, mas idealmente devem ter desaparecido na hora da avaliação final. O conhecimento quotidiano é o ponto de partida, mas não o de chegada. (Pozo e Gomez Crespo, 2004, p. 135)

Nas suas diferentes variantes, este modelo redistribui quer o papel do professor quer o dos alunos, na sala de aula. O primeiro transforma-se num dinamizador e facilitador do processo de ensino-aprendizagem, enquanto que os segundos se tornam responsáveis pela sua aprendizagem, ocorrendo aprendizagens mais reflexivas e menos memorísticas (Posada, 2000).

Porém, constatou-se, nos resultados obtidos em diversas pesquisas com a finalidade explícita de provocar mudanças conceptuais, que as concepções permaneciam ou, então, reapareciam passado pouco tempo. Esta constatação foi responsável por uma nova análise do modelo de mudança conceptual, após várias críticas (Martínez, 1999; Furió, 2001).



#### 4.4.1 Críticas ao modelo da mudança conceptual

Entre as críticas feitas ao modelo de mudança conceptual encontramos a do investigador Furió (1996). Este autor censura “o reduccionismo conceptual que apresentam os modelos de mudança conceptual baseados quase exclusivamente em estratégias de conflito cognitivo individual” (p. 16). Para os autores West y Pines (1983, citado em Ruz e López, 1997), este modelo não tem em conta a componente não racional aí implícita, centrando a aprendizagem no indivíduo.

Driver et al. (1994a), Duschl (1995), Duit e Treagust (1998), Hewson et al. (1998) e Furió (2001) consideram que se deve ter em linha de conta os aspectos sociais envolvidos no processo de construção do conhecimento. Duit e Treagust (1998) acrescentam, a estes factores, os relacionados com os interesses, as crenças, a motivação, o autoconceito do aluno, bem como o ambiente na própria sala de aula. Este último aspecto é igualmente partilhado por Hewson et al. (1998).

Recentemente, Pozo e Gómez Crespo (2004) também criticaram a versão clássica dos modelos de mudança conceptual, afirmando que o propósito da substituição das ideias dos alunos por outras mais próximas da teoria cientificamente aceite fracassou globalmente. Citando Duit (1999), estes autores afirmam que não existe nenhuma investigação sobre as concepções dos estudantes que tenha evidenciado o facto de que uma concepção profundamente enraizada nos alunos tenha sido totalmente extinguida e substituída por novas ideias. O que a investigação revelou foi que, “no máximo, consegue-se que os alunos cheguem a assimilar os conhecimentos científicos, mas não abandonam os seus conhecimentos quotidianos” (Pozo e Gómez Crespo, 2004, p. 136).

Para estes investigadores, este relativo fracasso deve-se a duas razões: uma devido às estratégias utilizadas, consideradas “às vezes muito agressivas” (idem, p. 136), e a outra o incidir-se na mudança de estruturas conceptuais, em vez de se focalizar a atenção na mudança das ideias dos alunos. Como os autores explicam, “mudar essas concepções alternativas requer algo mais que substituir as ideias dos alunos por outras cientificamente

mais aceitáveis. Requer de facto modificar substancialmente os princípios sobre os quais assentam, de modo implícito, esse processamento e esse conhecimento” (idem, p. 119).

Quando ocorre uma mudança ou uma revolução científica, existe uma transformação de conceitos, ao mesmo tempo que se produzem mudanças na forma de ver o mundo, na forma de raciocinar, nos métodos e nos valores e propósitos da nova teoria (Duschl e Gitomer 1991). Daí que se defenda a ideia de que a aprendizagem das ciências não se deve centrar apenas nos conceitos e nas relações existentes entre os conceitos, mas contemplar aspectos epistemológicos (como, por exemplo, as concepções sobre a natureza da ciência), metodológicos (como as concepções sobre as formas de raciocinar, os modos de fazer, os procedimentos) e axiológicos (como os interesses dos alunos, e as suas atitudes e valores face à aprendizagem em ciência) (Furió, 1996).

Furió (2001) explícita que

a aprendizagem da ciência implica ajudar os alunos a passar da sua cultura quotidiana para outra diferente, mais rigorosa, como a cultura científica, com tudo o que isso significa, não apenas de mudança conceptual mas, também, de mudança de todas aquelas componentes, axiológica, metodológica, epistemológica e ontológica, interdependentes. (p. 26)

Diversos investigadores, entre eles Posada (2000), defendem que as matérias que nos podem auxiliar neste campo são “a filosofia e história das ciências, epistemologia, psicologia da aprendizagem e a própria pedagogia” (p. 372).

A mudança conceptual será difícil de ocorrer sem uma mudança a nível metodológico. Só

fazendo com que os alunos pratiquem, ajudados pelo professor, aspectos essenciais da metodologia científica como, por exemplo, planear e precisar problemas, imaginar soluções dos mesmos na forma de hipóteses, desenhar experiências que testem as hipóteses, etc. ... poderiam superar a metodologia usual e construir conhecimentos científicos. (Furió, 2001, p. 27)

Martínez (1999) refere, a propósito das novas propostas de ensino, o modelo de ensino por investigação dos investigadores espanhóis Gil e Furió. Neste modelo, a “mudança conceptual nem sequer é um objectivo em si mesmo, mas é uma consequência de uma mudança proveniente de outros níveis que envolvem o plano procedimental e atitudinal do aluno” (Martínez, 1999, p. 103).

No âmbito deste modelo, a autora menciona alguns estudos já realizados, particularmente, os de Oliva (1994) e de Varela e Martínez-Aznar (1997), cujos resultados obtidos, relativos à aprendizagem dos alunos, foram considerados positivos.

Recentemente, Furió et al., (2006) apresentaram, num artigo publicado na revista *Enseñanza de las Ciencias*, o desenho e desenvolvimento de uma investigação realizada na sala de aula e fundamentada numa concepção construtivista do processo de ensino-aprendizagem da ciência como investigação orientada. Segundo os professores que trabalharam no desenvolvimento do programa de actividades, este contribui para melhorar as ideias dos alunos sobre os conceitos envolvidos, tendo-se revelado adequado para ser aplicado aos estudantes. Os docentes acrescentaram, ainda, que a implementação do programa de actividades permitiu obter resultados “mais satisfatórios que a forma tradicional de ensinar, considerando também que os alunos compreenderam melhor os conceitos” (p. 57). No anexo I (pp. 917-918)<sup>3</sup> apresentamos as directrizes inerentes ao designado programa-guia de actividades, as quais servirão de orientação ao modelo de ensino-aprendizagem como investigação orientada, defendido pelos investigadores Furió (1996), Gil-Pérez et al. (1999) e Furió (2001).

Em Portugal, Cachapuz et al. (2000) defendem um novo enquadramento para o ensino das ciências que se insere no domínio que designam por período pós-mudança conceptual. Criticando o movimento das concepções alternativas, bem como as limitações dos modelos de mudança conceptual, os investigadores desenvolvem algumas ideias em torno de uma visão externalista de ciência, sugerindo, deste modo, uma perspectiva de ensino investigativo ou de trabalho científico.

#### 4.5 O período pós-mudança conceptual

Cachapuz et al., (2000) consideram que um ponto-chave da crítica aos modelos anteriores (movimento das concepções alternativas e modelos de mudança conceptual) é o

facto de existir uma “sobrevalorização dos conteúdos científicos, considerados mais como fins de ensino e não tanto como meios instrucionais, para, a partir deles, se atingirem metas educacionais e socialmente relevantes” (p. 118).

Assim, a uma visão academista e instrumental opõe-se uma outra mais relevante, do ponto de vista educacional, que está associada aos interesses quotidianos e pessoais dos estudantes. Por consequência,

os alunos sentem que os conteúdos passam a tratar-se enquanto meios necessários ao exercício do pensar, mas com finalidades mais definidas e expressas, que não se ligam unicamente a produtos acabados do saber e a uma avaliação de índole mais classificatória. (idem)

Pretende-se, assim, deixar uma visão internalista da ciência, muito centrada numa epistemologia “que pensa os problemas do e no seu interior, segundo uma perspectiva mais própria dos cientistas e da sua formação” (idem) para passar a uma perspectiva diferente. Sendo assim, é de (re)pensar tal epistemologia e situá-la numa outra visão; a de “uma educação mais humanizada, mais cultural e também mais perto do homem de amanhã, num mundo tecnológico avançado que queremos alfabetizado cientificamente” (idem).

Nesta linha de pensamento, Vaz e Valente (1995) afirmam que o conhecimento científico deve ser traduzido para uma cognição prática, que pressupõe um regresso ao quotidiano e às suas necessidades, assim como aos debates acerca de soluções para essas mesmas necessidades a partir dos diferentes ângulos disciplinares. Isto “requer que se desfaça o isolamento a que se submeteu o objecto do conhecimento científico. Exige a sua recontextualização ética e sociocultural” (p. 23).

Constata-se, cada vez mais, o apelo:

- à abordagem de problemas sociotécnicos do quotidiano, que irão ocasionar reflexão sobre os processos da ciência e da tecnologia, assim como as suas inter-relações com a sociedade numa perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade. Deste modo, será facultada aos alunos uma aprendizagem científica e tecnológica para além da possibilidade da tomada de decisões razoáveis, responsáveis e racionais face a uma série de situações problemáticas (Vaz e Valente, 1995);

- à inter e transdisciplinaridade decorrente da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade, interligando as análises realizadas a saberes das diferentes disciplinas curriculares (Cachapuz et al., 2000; Cachapuz et al., 2002).

Neste contexto, Cachapuz et al. (2000) contrapõem a perspectivas marcadamente conteudais e internalistas uma outra com “orientações mais adequadas às representações actuais da ciência e com potencialidades ainda a descobrir para uma educação científica que não é só em ciência mas também sobre ciência” (p. 119). Neste sentido, estes investigadores propõem, como já referido, uma perspectiva de ensino investigativo, que defendem em descontinuidade com perspectivas de mudança conceptual típicas dos anos 80.

Sobre esta nova perspectiva, Cachapuz et al. (2000) e Cachapuz et al. (2002) acentuam alguns aspectos importantes. São eles:

1. Uma nova concepção epistemológica baseada em perspectivas recentes da filosofia da ciência, centrada na vertente externalista da ciência, valorizando não só contextos de justificação (por exemplo, de testagem ou de enfoque nos produtos da ciência) mas, sobretudo, contextos de descoberta. Esta concepção epistemológica por um lado, está fundamentalmente centrada em metodologias de trabalho activas, de participação, de empenhamento, de co-responsabilização pessoal e, por outro, valoriza os processos de trabalho interpares e de partilha, que irão progredir para novas atitudes e visões, ultrapassando a velha crença de que o conteúdo científico é apenas instrumental. O conteúdo adquire agora sentido “numa visão mais estruturante e holística que explicita múltiplas interligações e interacções, num quadro que não se confina aos conteúdos científicos” (Cachapuz et al., 2002, p. 174).

2. Uma abordagem de situações-problema explorada segundo a articulação CTSA. Trata-se de “um ensino-aprendizagem que estuda problemas mais relevantes para o aluno e, por isso, com maiores possibilidades dos saberes construídos serem transferíveis e mobilizáveis para o seu quotidiano” (idem, p. 175).

3. Um pluralismo metodológico a nível das estratégias de trabalho. De entre estas estratégias, os investigadores Cachapuz et al. (2000) e Cachapuz et al. (2002) destacaram o trabalho experimental que agora surge não “por imposição, sugestão e em cumprimento do currículo, ou por necessidade de encontrarmos meios de refutar e questionar as ideias erróneas dos alunos” (Cachapuz et al., 2000, p. 121), mas sim, no sentido de “desenvolver actividades mais abertas, valorizando contextos não estritamente académicos, que surgem mais por necessidade de encontrar (re)soluções para os problemas anteriormente definidos e com que os alunos se debatem” (Cachapuz et al., 2002, p. 179).

Na implementação do trabalho científico é importante ajudar o aluno a compreender as múltiplas facetas inerentes ao percurso da construção do conhecimento científico, colocando-o numa posição de cidadão activo, que tem de desempenhar papéis e partilhar responsabilidades com os seus pares. Neste contexto, o sentido cooperativo do trabalho é central. Além disso, “a contribuição para uma visão social global, não de simplicidade de soluções, mas de compreensão da complexidade dos problemas é essencial, para ajudar a pensar que, na verdade, os conteúdos académicos são limitados, quando vistos pelas áreas disciplinares restritas” (idem, p. 180).

Outro tipo de actividades de desenvolvimento defendidas pelos autores são os debates sobre situações eticamente controversas, a procura, a selecção e a organização de informação, nomeadamente através das TIC e de leituras (por exemplo, de biografias de cientistas, da história de uma descoberta científica, entre outras).

A história da ciência não pretende ficar pela descrição de factos históricos da época, nem pela perspectiva heróica, mas “projectá-la nas suas consequências futuras, assim

como incorporar elementos tecnológicos, políticos e socioculturais que a ajudarão a progredir e a inseri-la num outro quadro de referência” (Cachapuz et al. 2000, p. 120).

Diversos autores, ligados à didáctica da ciência, como, por exemplo, Hodson (1986), Gil-Pérez (1993), Matthews (1994a,b,c), Valadares (1995), Izquierdo (1996) e Santos (1998), defendem a articulação entre o ensino das ciências e a história e a epistemologia das ciências. Hodson (1986) afirma, a este propósito, que existe “uma necessidade urgente de reconsiderar a base epistemológica do currículo de ciências à luz das visões actuais da filosofia e sociologia da ciência” (p. 9).

4. Uma avaliação educativa, incidindo no domínio formativo e formador; a avaliação sumativa servirá de complemento. Os investigadores defendem a utilização de “metodologias avaliativas do tipo indagativo e de sentido criterial (e não normativo), cujos critérios permitem salvaguardar o mais possível a objectividade da avaliação, conferindo-lhe o carácter contínuo e socorrendo-se do cruzamento entre informações diversas” (p. 190).

Em síntese, Cachapuz et al. (2002) consideram que a abordagem ensino por pesquisa divide-se em três momentos que se articulam entre si: a problematização; as metodologias de trabalho; a avaliação, através da qual se procura aferir se as respostas encontradas são ou não as adequadas para as questões-problemas colocadas inicialmente, assim como o modo como todo o processo se desenrolou. Estes momentos estão genericamente traduzidos na figura seguinte:

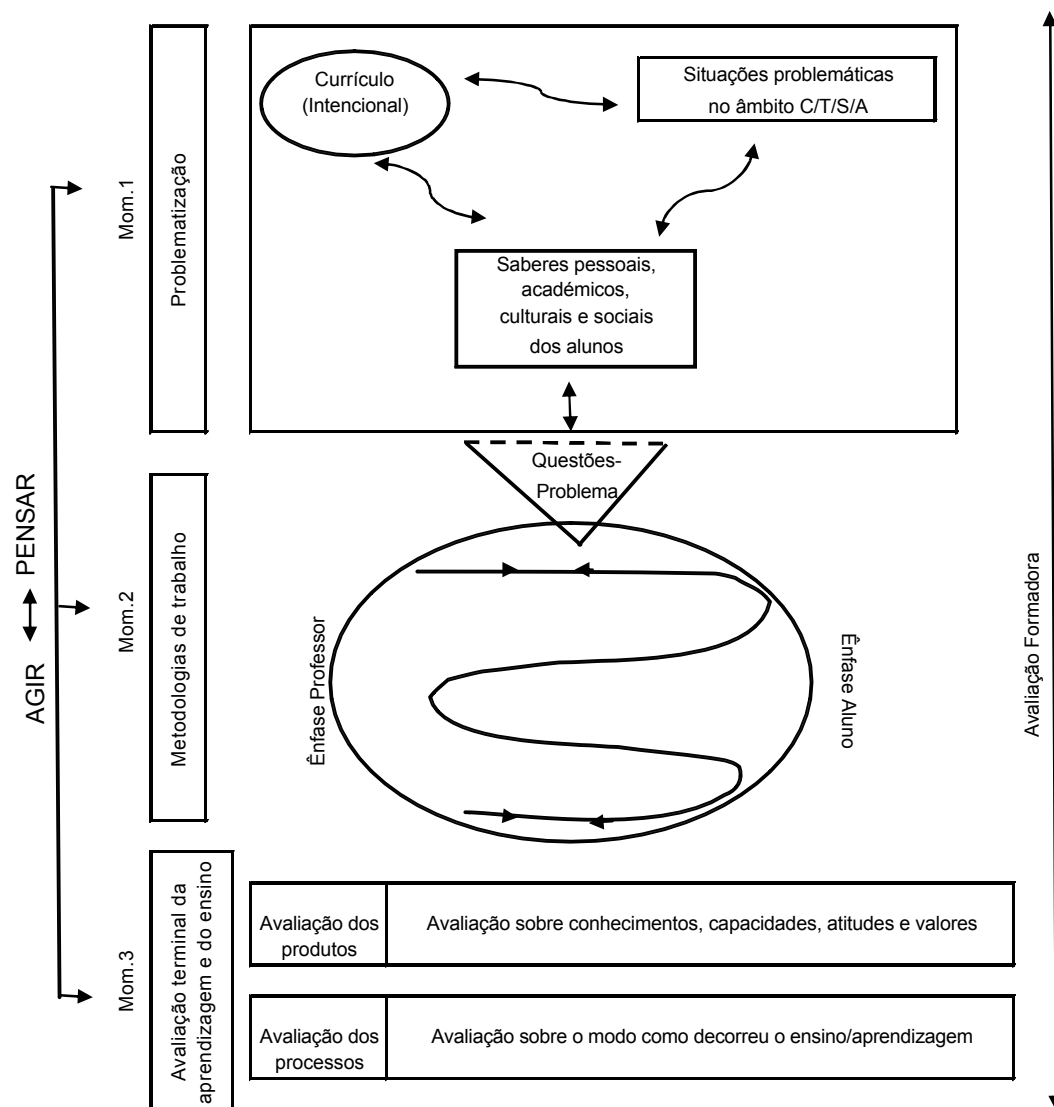


Figura 35 - Ensino por pesquisa (Cachapuz et al., 2002, p. 182).

O primeiro momento, alusivo à problematização, concentra três pólos, que estão em interacção recíproca:

- o pólo do currículo intencional, para um dado nível de ensino/disciplina, representando os saberes considerados importantes para a formação dos estudantes, que estão relacionados com os conhecimentos, as capacidades, as atitudes e os valores;
- o pólo dos saberes académicos, pessoais e sociais que os alunos transportam para a sala de aula, e que não se restringem apenas às ideias prévias dos alunos (como evidenciado no modelo da mudança conceptual), mas incluem, igualmente,



conhecimentos, capacidades no domínio do pensar (cognitivas e metacognitivas), atitudes e valores;

- o pólo das situações problemáticas, centradas, sempre que possível, no quadro CTSA, que constituirão o ponto de partida dos processos de ensino-aprendizagem.

O segundo momento diz respeito às metodologias de trabalho utilizadas. Estas metodologias baseiam-se, fundamentalmente, em duas dimensões, que se encontram em equilíbrio dinâmico: agir e pensar. Efectivamente, trata-se

de propor actividades e recursos variados e de organizar o ambiente e os processos de trabalho. Mas, também, de pensar sobre o que se vai fazendo e, ainda, sobre os raciocínios efectuados de modo a que o aluno desenvolva quer melhor conhecimento sobre a sua maneira de pensar, as estratégias mentais que lhe são úteis quer a capacidade de exercer esse autocontrolo com crescente autonomia. (Cachapuz et al., 2002, p. 187)

Finalmente, o terceiro momento refere-se à avaliação. Esta compreende, por um lado, uma vertente relativa aos “produtos” obtidos, no sentido das mudanças ocorridas segundo as aprendizagens realizadas, e, por outro, uma vertente referente ao modo como o percurso de ensino-aprendizagem se fomentou, ou seja, no sentido dos “processos” decorridos.

Como foi referido anteriormente, as situações problemáticas, a explorar com os alunos nas aulas de ciências, devem basear-se no quadro do movimento CTSA. Como iremos observar na próxima secção, esta perspectiva, no ensino da ciência, é defendida por diversos autores, nomeadamente, Vásquez et al. (1995), que afirmam que

o desenvolvimento científico e tecnológico teve e tem um papel importante em muitas transformações sociais, mas também que as circunstâncias sociais (cultura, pensamento, recursos económicos ...) são as que tornam possível e condicionam a evolução e o avanço da ciência e da tecnologia. (p. 341)

Actualmente, existem indícios de que a concepção da ciência interpretada como sendo uma “ciência pura”, com uma actividade neutra, desenvolvida em laboratórios segundo uma metodologia específica, tem vindo, progressivamente, a dar lugar a uma concepção CTS, associada a uma alfabetização científica e tecnológica (Santos, 1998).

É a abordagem desta perspectiva no ensino da ciência que analisaremos na secção seguinte. Aí, procuraremos responder a algumas perguntas, tais como: Qual o significado deste movimento? Qual ou quais o(s) principal(is) princípio(s) que lhe serve(m) de apoio? Que tipo de conteúdos podem aí ser explorados? Qual(ais) a(s) abordagem(ns) possível(eis)? Qual a sua ligação com o construtivismo?

#### 4.6 O movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade

##### 4.6.1 O significado do ensino do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade

O movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) nasceu há cerca de 30 anos, na Europa Ocidental, nos Estados Unidos e no Canadá e, desde então, tem vindo a ser adoptado em muitos países (Sequeira, 2000). Para este autor, “a característica mais importante desta inovação consiste no ensino da ciência e da tecnologia, com ênfase na sensibilização dos alunos para os desafios destas à sociedade, conduzindo a uma atitude de inquérito, juízos de valor e acções responsáveis” (p. 191).

De acordo com Yager (1995, 1996), o ensino CTS assume-se como uma forma estruturada de ensinar ciência e tecnologia, e como um esforço de reforma no sentido de se atingirem níveis aceitáveis de literacia científica por parte da população em geral. Membiela (1995, 2001), por seu turno, considera que a grande finalidade do movimento CTS é a promoção da alfabetização em ciência e tecnologia, por forma a que os cidadãos possam participar no processo democrático de tomada de decisões, bem como o desencadear acções de cidadania para a resolução de problemas relacionados com a ciência e a tecnologia na nossa sociedade.

A alfabetização científica responde, em princípio, a “uma ferramenta básica: saber ler a realidade, uma realidade concreta marcada pelo desenvolvimento científico e tecnológico” (Marco-Stiefel, 2001, p. 34). Deste modo, ela é indispensável para a inserção do indivíduo na sociedade contemporânea. Na verdade, “é quase unânime afirmar que, sem nenhuma

familiaridade com as ciências e as tecnologias, torna-se inútil pretender alcançar um lugar no mundo actual” (Fourez et al., 1994, p. 12).

Para se conseguir efectuar uma alfabetização científica e tecnológica é imprescindível introduzir a interacção CTS nas aulas de ciências. Só assim os estudantes poderão compreender e movimentar-se convenientemente na sociedade, intervindo nela como cidadãos conscientes e reconhecendo a ciência e a tecnologia como parte da cultura (Membiela, 1995). Sendo assim, “a formação de cidadãos capazes de tomar decisões e de agir com base nessas decisões é uma tarefa fundamental da abordagem CTS” (Yager, 1989, p.15).

Fontes e Silva (2004) explicitam que ao

entrarmos no século XXI, a ciência e a tecnologia estão cada vez mais presentes na sociedade e muito do que era considerado antigamente como o discurso de especialistas chega diariamente até nós das mais variadas formas, nomeadamente através dos media. Para compreender e interpretar essas informações, é necessário ter um conhecimento mínimo sobre ciência e tecnologia, razão pela qual têm de estar presentes na formação básica do cidadão. (p. 30).

A necessidade de uma alfabetização científica e tecnológica, como parte essencial da educação básica e geral de todas as pessoas, aparece reflectida em vários documentos de política educativa de organismos internacionais de grande prestígio, designadamente, a Unesco e a Organização de Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI) (Díaz, 2004).

Nos últimos anos, o estudo desta temática tem vindo a aumentar, conforme se constata pelo elevado número de projectos, como, por exemplo, o SISCON (Science In a Social Context) in Schools, do Reino Unido (Hunt, 1994, Membiela, 1995), o Science Technology and Society, da Austrália e do Canadá (Membiela, 1995), o SATIS (Science and Technology in Society), também do Reino Unido (Hunt, 1994, Membiela, 1995), o Projecto 2061-Science for all Americans, dos E.U.A (Rutherford e Ahlgren, 1995), e o Projecto Beyond 2000-Science Education for the Future (Marco-Stiefel, 2001). É significativo ainda o elevado número de artigos científicos publicados em diversas revistas, particularmente na revista Enseñanza de

las Ciencias que, por exemplo, em 2001, divulgou um número extra dedicado ao VI Congresso realizado sobre o tema. A revista *Alambique*, no número 3, de Janeiro de 1995, também dedicou a secção Monografia ao tema *La Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad*. E há ainda um outro facto, que é o elevado número de livros publicados sobre o assunto, entre eles, o de Fourez et al. (1994), Solomon e Aikenhead (1994), Yager (1996) e Membiela (2001), constituídos por vários artigos escritos por diversos investigadores.

A título meramente exemplificativo, apresentamos algumas das conclusões indicadas por Solomon (1994a) e Aikenhead (1994b), e incluídas no livro editado pelos mesmos autores em 1994. Solomon (1994a) aponta para um conjunto de estudos que evidenciam os efeitos positivos do ensino CTS nos alunos. São eles (pp. 187-193):

- maior facilidade em aplicar conceitos científicos a novas situações;
- atitudes mais positivas face a diversos aspectos, como, por exemplo, à ciência, a profissões científicas e à utilidade das aulas de ciências;
- maior capacidade na utilização de processos científicos.

Aikenhead (1994b, pp.185-186), a partir de um corpo de pesquisa por ele encontrado, sintetiza algumas conclusões referentes a estudos comparativos de ensino segundo a perspectiva CTS e a abordagem tradicional. Assim, quanto aos efeitos do ensino CTS, registaram-se quatro aspectos:

1. os alunos compreenderam melhor as questões sociais ligadas quer à ciência, quer à tecnologia;
2. os alunos melhoraram as suas atitudes relativamente à ciência, às aulas de ciência e à própria aprendizagem;
3. os alunos melhoraram pouco, mas significativamente na capacidade de:
  - . aplicação do conteúdo científico a situações do dia-a-dia;
  - . pensamento crítico e criativo;
  - . decisão.
4. ausência de efeitos negativos quanto a uma aprendizagem dos conteúdos considerados pertinentes nas disciplinas científicas.

Este autor acrescenta ainda que, globalmente, podemos afirmar que os estudantes beneficiam ao aprender ciência e tecnologia através da perspectiva CTS. Contudo, todos estes efeitos podem ser ou não comprometidos pelos professores, que actuam segundo a formação académica e pedagógica que receberam.

Em Portugal, até ao ano lectivo 2000/2001, a preocupação do ensino da ciência era mais enciclopédica de saber ciências, daí que a abordagem CTS, nos programas curriculares, não tenha sido explicitamente recomendada. Porém, com a recente reestruturação curricular, essa preocupação já é visível nas orientações oficiais, nomeadamente, nos princípios e valores orientadores do currículo; ao nível das competências gerais; de forma particular, nas competências específicas da área curricular Ciências Físicas e Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico e como nos temas gerais propostos para os três ciclos do mesmo grau de ensino.

Porém, apesar desta preocupação explícita nos programas, partilhamos a ideia de Gonçalves (1996) quando afirma que “há sociedades, como a portuguesa, onde a ciência vive ainda relativamente afastada da esfera pública. (...) (sendo) fraca a intensidade das relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade” (p. 23).

Em sociedades democráticas, modernas e dinâmicas, a actualização dos sistemas educativos é algo indubitável, uma vez que estes “não podem minimizar realidades sociais como, por exemplo, a iliteracia científica dos cidadãos face ao constante avanço científico e tecnológico, assim como as implicações positivas e negativas deste avanço nas sociedades” (Fontes e Silva, 2004, p. 6). Uma ligação eficaz entre CTS é essencial para a vida e o desenvolvimento de um país moderno (Bugliarello, 1995).

A ciência e a tecnologia, bem como as implicações que têm na sociedade, devem fazer parte de uma educação em ciência de todos os alunos, pois, actualmente, vive-se numa sociedade altamente tecnológica, onde, cada vez mais, os cidadãos são chamados a participar democraticamente e a tomar posições sobre as implicações sociais da ciência e tecnologia (Solomon, 1986, Hunt, 1994, Díaz, 2004).

Sobre esta problemática, outros autores encaram perspectivas semelhantes. Por exemplo, Hodson e Reid (1988) consideram que os futuros cidadãos devem compreender a ciência e a tecnologia e a sua interacção com a sociedade, de modo a tornarem-se participantes responsáveis nos processos de tomada de decisões de uma sociedade democrática. Os cidadãos, ao terem uma opinião formulada acerca das vantagens e desvantagens das mudanças tecnológicas, tendem a não ser facilmente influenciáveis. Estes autores referem a existência de três áreas onde se devem centrar os objectivos de educação em ciência: no aluno, na sociedade e na ciência.

Em relação ao aluno, o sujeito que aprende, o ensino das ciências deve contribuir para o seu desenvolvimento pessoal e social, nomeadamente no domínio da capacidade de comunicação de ideias e sentimentos, na aquisição de auto-estima, através de experiências de aprendizagem bem-sucedidas, no estabelecimento de um sentido de identidade pessoal e social, incluindo a confiança na sua habilidade para resolver problemas, no desenvolvimento de capacidades relacionais com os colegas e com os adultos e, simultaneamente, no aceitar a responsabilidade das suas acções e a capacidade de trabalhar cooperativamente com os outros.

Já em relação à sociedade, o ensino das ciências deve proporcionar uma compreensão das sociedades tecnologicamente avançadas e das complexas interacções entre ciência, tecnologia e sociedade, tendo sempre em consideração o mundo contemporâneo e os problemas nacionais, e não perdendo de vista os problemas locais e as perspectivas históricas, bem como uma compreensão de que, na tomada de decisão, os critérios científicos e tecnológicos devem ser balanceados com considerações económicas, éticas e sociais.

Por outro lado, o ensino das ciências deve proporcionar o conhecimento de factos e a compreensão de teorias e conceitos científicos, o desenvolvimento de habilidades, capacidades e atitudes científicas, bem como a capacidade para utilizar o conhecimento e os processos científicos na exploração de fenómenos físicos e na resolução de problemas.

Para Fourez et al. (1994), o movimento CTS resultou de uma combinação de várias razões:

- *Económicas e políticas* - sem uma participação da população nas culturas científicas e técnicas, as economias dos países desenvolvidos terão problemas. Assim, “o crescimento contínuo e a longo prazo só pode ser assegurado se os fundos disponíveis para a ciência e tecnologia tiverem correspondência nos investimentos na educação” (Soltman, 1993, citado em Fourez et al. 1994). A educação científica - de grupos específicos e da população em geral - surge ligada à riqueza e bem-estar dos países.
- *Sociais* - sem uma cultura científica e tecnológica, os sistemas democráticos são cada vez mais vulneráveis à tecnocracia.
- *Humanistas* - cada indivíduo deve poder partilhar a cultura científico-tecnológica que é a nossa, e comunicar com os outros sobre o mundo em que vivemos, ter autonomia e sentir alegria de nele viver.

Segundo estes autores, procura-se um currículo de ciência pessoal e socialmente mais adequado a jovens que terão maiores probabilidades de encarar o futuro como consumidores de ciência do que na condição de produtores de ciência.

Gago (1998) realça o facto de ser necessário promover a cultura científica e tecnológica da população por diversas razões. De entre elas, destaca a cidadania e a preparação de competências para o trabalho profissional. Deste modo, segundo este físico,

procuramos contribuir para a abertura da política científica e tecnológica europeia, a cujos pilares tradicionais, assentes na investigação científica e no desenvolvimento e difusão tecnológica, se acrescenta hoje a formação e a relevância da cultura científica e tecnológica de base de toda a população para o futuro do emprego na Europa e para o próprio futuro do pensamento e da coesão política democráticos. (p. 19)

Igualmente, Sequeira (1996) considera fundamental a promoção da cultura científica. De acordo com este investigador, “a educação científica é indispensável a qualquer cidadão para se tornar um bom produtor, um bom consumidor e um bom eleitor” (p. 113). Na opinião do autor, apenas se “conseguirá aumentar os níveis de produtividade se aumentar o grau de

conhecimentos científicos e técnicos do operário ou funcionário, simultaneamente com a existência de uma atitude positiva perante a profissão e o respeito pelos concidadãos” (p. 113).

Por outro lado, ser bom consumidor exige, igualmente, conhecimentos e cultura científica de modo a que

o cidadão, quer no desempenho da sua profissão, quer na sua relação com a natureza, não quebre o equilíbrio saudável das relações sociais e não entre na espiral devastadora do consumismo que, invariavelmente, conduz à guerra e a grandes desastres ecológicos. (idem, p. 113)

Finalmente, ser bom eleitor impõe, também, educação e cultura científica, para que o cidadão possa participar eficazmente nos destinos da sociedade em que se insere. Como explicita Sequeira (1996),

é necessário que o cidadão seja culto e educado cientificamente para poder apoiar ou contrariar a acção governativa, de um modo construtivo e fundamentado, não apenas por critérios de partidos, associações ou clubes. Ser livre exige conhecer o mundo que nos rodeia. (p. 114)

Pelas razões atrás mencionadas, o autor afirma que “teremos de ensinar ciências e as suas inter-relações com a tecnologia e a sociedade” (idem).

As necessidades da sociedade actual exigem, da parte dos seus membros, um elevado alfabetismo científico e tecnológico (Hurd, 1986, 1987), uma vez que “a ignorância e a iliteracia tornam-nos implacavelmente escravos dos outros e de nós próprios” (Sequeira, 1996, p. 114).

#### 4.6.2 Abordagens da perspectiva CTS

Um dos modelos mais conhecidos de ensino-aprendizagem CTS é o modelo de Waks (1992, citado em Membiela, 2001, p. 96), denominado Espiral de Responsabilidade, e no qual se distinguem cinco fases sucessivas:



- 1ª autocompreensão - nesta fase o estudante toma consciência das suas necessidades, dos seus valores, das suas perspectivas e das suas responsabilidades;
- 2ª estudo e reflexão - o estudante toma consciência de conhecimentos relacionados com a ciência, a tecnologia, assim como dos seus impactos sociais;
- 3ª tomada de decisões - nesta fase, o aluno toma consciência dos processos que conduzem à tomada de decisões e à negociação, para, numa fase posterior, tomar, de facto, decisões e defendê-las com razões e evidências;
- 4ª acção responsável - o aluno planifica e promove a acção, tanto de um modo individual como colectivo;
- 5ª integração – o estudante deve procurar ir além do tema específico, fazendo considerações CTS mais amplas, particularmente no domínio da ética e dos valores.

Ziman (1994, p. 23-31) distingue, no quadro do ensino CTS, sete abordagens diferentes:

- A abordagem pela relevância - consiste na apresentação da ciência e da tecnologia através das suas aplicações bem sucedidas.
- A abordagem vocacional - consiste na apresentação da ciência e a tecnologia com o pensamento numa carreira profissional futura.
- A abordagem transdisciplinar - consiste na apresentação da ciência como uma unidade global, de forma não segmentada. “O estudante não pode ver a física estudada na segunda-feira, separada da química, na quarta-feira, e da geologia, na sexta-feira” (p. 25). Esta abordagem procura desenvolver no aluno uma visão integrada e complementar da ciência, mais de acordo com o conhecimento científico actual.
- A abordagem histórica - consiste na apresentação da ciência e da tecnologia num contexto de mudança histórico-social.
- A abordagem filosófica - consiste na apresentação da ciência através de uma discussão a propósito da natureza do conhecimento científico.

- A abordagem sociológica - consiste na apresentação da ciência e da tecnologia a partir da apresentação de instituições sociais a trabalhar nestas áreas, em particular as universidades; na discussão das funções sociais destas instituições e configurar-se como uma aproximação política e económica às questões científicas e tecnológicas.
- A abordagem problemática - consiste na apresentação e discussão de grandes temas, de grandes questões sociais com base científica, da actualidade. É o tipo de abordagem mais utilizada em sala de aula. Foi esta perspectiva que utilizámos no trabalho empírico desta investigação.

Para Ziman (1994), não existe uma abordagem melhor que a outra, cada uma apresenta vantagens, mas também tem limitações.

A abordagem pela relevância introduz a tecnologia, mas não aprofunda os aspectos inerentes às questões sociais. A abordagem vocacional edifica a questão socioprofissional mas, frequentemente, apenas lhe dá uma resposta académica. A abordagem transdisciplinar estabelece interligações CTS, mas pode revelar, e mesmo conduzir, a uma crença numa ciência demasiado poderosa. As abordagens histórica e filosófica são úteis se forem exploradas de modo elementar, caso contrário corre-se o risco de se tornarem demasiado académicas. A abordagem sociológica ilustra o papel e a natureza social da ciência, mas, frequentemente, apresenta perspectivas cépticas relativas a essa questão. Por último, a abordagem problemática, através do estudo e discussão de problemas actuais, levanta questões de interligação CTS, porém, corre-se o risco de pouco se explicar sobre o funcionamento actual da ciência e da tecnologia em termos puros, isto é, salienta-se a relação e desvaloriza-se cada uma das componentes.

O enunciado de aspectos positivos e negativos ou das vantagens e limitações de cada tipo de abordagem leva Ziman (1994) a aceitar que a complementaridade entre abordagens pode representar uma vantagem para o ensino. Para o investigador, é mais importante o professor elucidar os alunos acerca das ligações e das contradições entre os diversos aspectos, para que os conteúdos não apareçam desconexos, do que indicar o que é mais

relevante em cada uma das abordagens. Além disso, caberá ao professor escolher o(s) método(s) que considera mais apropriado(s) atendendo ao contexto educacional em que trabalha.

Por seu lado, Solomon (1993) identificou quatro abordagens na educação CTS:

- (1) cultural - promove um melhor entendimento da natureza da ciência e tecnologia e a sua relação com a sociedade;
- (2) educação política para a acção - forma futuros cidadãos para a acção política apropriada nos assuntos controversos relacionados com a ciência e a tecnologia;
- (3) interdisciplinar - foca problemas específicos contemporâneos;
- (4) vocacional ou tecnocrática - promove o conhecimento dos recursos humanos para as profissões da ciência (citado por Layton, 1994, p. 42).

Membela (1995, 1997, 2001) considera que não existem metodologias exclusivas do enfoque CTS, sugerindo que estas sejam as mais variadas possíveis, e visem de forma clara e objectiva a formação de alunos como pessoas capazes, com necessidade de intervir conscientemente nos problemas da vida real e, sobretudo, que participem no seu processo de aprendizagem.

Miguéns et al. (1996) mencionam que a educação em ciência, nesta perspectiva, “não pode omitir o factor humano, antes privilegiando o desenvolvimento pessoal e social do aluno e a sua formação para a cidadania e revalorizando a educação para os valores através da ciência” (p. 28).

Aikenhead (1994a) propõe uma sequência para a abordagem CTS. Para este investigador é normalmente a partir de uma questão social que se sente a necessidade de conhecer a tecnologia, e ambas procuram a explicação através da ciência. Esta sequência é ilustrada pela seta da figura seguinte, que sugere que a instrução começa pela sociedade, atravessa sucessivamente a tecnologia e a ciência, novamente a tecnologia e retorna à

sociedade. O retorno da seta à sociedade indica, por sua vez, que nesta altura os alunos se encontram aptos a tomar decisões.

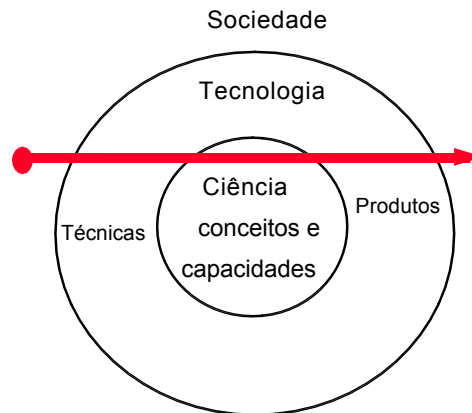


Figura 36 – Sequência da abordagem CTS no ensino da ciência (Aikenhead, 1994a, p. 57).

No esquema, a seta chama a atenção para um percurso de ensino CTS em que a tecnologia é o conector entre a sociedade e a ciência. Ilustra-se, assim, uma sequência de acontecimentos que se move da sociedade para a sociedade passando por um conteúdo científico embebido em tecnologia. Particularizando:

- propõe, em primeiro lugar, que a instrução CTS comece na sociedade real, através de uma questão social chave ou de um problema concreto e real. É essa questão ou problema social que vai organizar a temática CTS, requerendo, por parte dos alunos, decisões realistas mais do que idealistas e hipotéticas, e criando neles a necessidade de conhecer técnicas, processos e conteúdos de ciências;
- depois, porque vivemos num mundo tecnológico, e porque há uma certa relação entre as necessidades humanas e o desenvolvimento de conhecimentos e de processos tecnológicos para as satisfazer ou para as criar, há que estimular a tendência para que o problema social levantado faça surgir necessidades de conhecer ou de usar algumas tecnologias que importa tornar familiares ao aluno, ainda que a um nível superficial. Daí a seta dirigir-se da sociedade para a tecnologia;

- porém, para além da necessidade de conhecimento tecnológico, importa salientar que a questão ou o problema a explorar criem a necessidade de algum conteúdo científico. Daí a seta dirigir-se, agora, da tecnologia para a ciência (círculo central);
- por sua vez, dado que é o conteúdo científico que ajuda a compreender aspectos tecnológicos necessários a decisões relacionadas com a questão social, estimula-se uma introdução na tecnologia e na forma como ela afecta a ciência e a sociedade. Donde a seta dirigir-se, nesta etapa, da ciência para a tecnologia;
- finalmente, importa fomentar o uso do que foi aprendido. Deve dirigir-se a atenção dos alunos para a tomada de decisões informadas, que satisfaçam necessidades pessoais e sociais, e para os valores contraditórios que as guiam. Da tecnociência regressa-se pois às pessoas - à sociedade.

Neste modelo, os conteúdos científicos curriculares ficam, pois, como que embebidos num contexto sociotecnológico.

No contexto CTS, o papel do professor é fundamental para obter efeitos positivos.

#### 4.6.3 O papel do professor

Canavarro (1999) considera que, a maior parte das situações apresentadas nas aulas de ciência, correspondem a uma visão “científica” do seu ensino. A este propósito, o autor explica que

a maior parte dos professores procura facilitar a compreensão da ciência pelos seus alunos através da revisão da informação que se encontra nos manuais, informação que representa a visão dos cientistas acerca de um conjunto de tópicos. Esta visão científica do ensino da ciência força nas pessoas a ideia de que, nesses contextos, a ciência mais não significa do que o estudado pelos peritos, o que dizem acerca de questões demasiado genéricas, como a vida na terra, ou específicas, como o ciclo de vida da Spirogyra Longata K. (pp.124-125)

Ora, segundo Canavarro (1999), a abordagem CTS sobrevaloriza a visão individual dos problemas. O ensino da ciência “não se inicia ou fundamenta na transmissão da visão do

cientista acerca de um conjunto de questões, procura antes que o indivíduo se depare com questões que considera de interesse e que suscitem curiosidade” (p. 125).

Miguéns et al. (1996) explicitam que numa “abordagem CTS a argumentação e a reflexão sobrepõem-se aos factos e à memorização acrítica, predominando as situações dilemáticas, a pesquisa de informação e o debate em detrimento da apresentação e exposição informativa” (p. 28).

Na perspectiva CTS, várias estratégias concretas são propostas por diversos autores, nomeadamente Solomon (1989, citado em Membiela, 1995, 2001), Aikenhead (1994) e Solomon (1994). Estes referem a simulação de situações, jogos de interacção CTS, o desempenho de papéis, em que, por exemplo, sejam debatidos diversos pontos de vista acerca da mesma situação, durante o trabalho em pequenos grupos.

Para Thier e Nagle (1994), os professores deverão criar situações que os alunos possam explorar, compreendendo riscos e benefícios, colocando questões e tomando decisões “baseadas em evidências em lugar de “puras emoções”” (p. 77). O professor deve promover actividade de investigação, debates e encorajar os alunos a discutirem e a defenderem os seus pontos de vista, tendo, no entanto, como salienta Solomon (1994b), a percepção da cultura de cada indivíduo, pois há que ter efectivamente em conta a influência social e familiar nas atitudes morais.

Um debate democrático, na sala de aula, permite a cada aluno ter os seus próprios pensamentos, e, ao mesmo tempo, treina-os para serem receptivos e tolerantes nos pontos de vista dos outros (Solomon, 1992).

Segundo Fontes e Silva (2004), o papel do professor passará pelo desempenho de várias funções, nomeadamente, as de ser “crítico do processo, agente de mudança e fonte de apoio pessoal e de aprendizagem de segunda ordem. O professor deverá também organizar, registar, encorajar e desafiar” (p. 41).

Para Canavarro (1999), ao invés de ser um mero transmissor de informação, o professor deve “ajudar o aluno a procurar, a seleccionar, a discutir e a utilizar a informação, sem

contudo deixar de transmitir informação cientificamente relevante dentro do contexto temático em análise” (p. 126).

Baez (1986, citado por Sequeira, 2000), por sua vez, define o perfil do professor de ciências, no contexto CTS, segundo dois papéis distintos e opostos: o professor modernizador e o professor libertador. O primeiro valoriza a ciência e a tecnologia, sendo um transmissor dos modelos científicos, tecnológicos e de desenvolvimento dominantes. O seu objectivo principal é preparar futuros engenheiros, cientistas e técnicos. O segundo desempenha o papel de facilitador da aprendizagem, auxiliando os alunos a reavaliar os modelos científicos, tecnológicos e de desenvolvimento oriundos de países desenvolvidos.

A grande diferença entre estes dois papéis reside no facto de que o professor modernizador ensina a aceitação, por exemplo, “quando diz que os fertilizantes são bons porque o Ministério da Agricultura e as firmas comerciais encorajam o seu uso” (Sequeira, 2000, p. 182), enquanto que o professor de ciências libertador ensina e fomenta a análise crítica, nomeadamente “quando diz que os fertilizantes no contexto local podem ser bons ou não” (idem, p. 182). Segundo Baez (1986) e Sequeira (2000) nenhum destes perfis deve ser adoptado na sua forma extrema porque, “o primeiro é demasiado politizado e o segundo é insensível às necessidades e potencialidades da comunidade” (Sequeira, 2000, p. 182).

Para os investigadores, especialistas na perspectiva CTS, o papel do professor de ciências deve ficar algures no meio destes dois extremos. Nesse caso, é imperioso conjugar os dois papéis, sendo fundamentais as “capacidades para avaliar as necessidades pessoais e da comunidade e relacionar os modelos científicos, tecnológicos e de desenvolvimento, independentemente da sua origem, com essas necessidades” (idem, p. 182).

#### 4.6.4 Os conteúdos CTS

Relativamente aos conteúdos seleccionados numa abordagem CTS, estes deverão ser relevantes para os estudantes que evidenciem “interesse e entusiasmo, directamente

aplicáveis à vida quotidiana dos mesmos, adequados ao seu nível de desenvolvimento cognitivo e maturidade social, de forma a que estes possam aplicar os seus conhecimentos em contextos diferentes dos escolares” (Fontes e Silva, 2004, p. 43).

Ao alicerçar-se o estudo da ciência a partir de temas da actualidade e com interesse para os estudantes, estes desenvolvem trabalhos de pesquisa e de recolha de dados na comunidade, questionando e dialogando com agentes dessa comunidade e, por vezes, intervindo directamente na própria comunidade (Yager, 1996).

Tal como as coisas estão agora, os estudantes vêem pouca relação entre os conteúdos científicos e os seus problemas, quer no presente quer no futuro. Ajudar os jovens a aprender a viver na sociedade democrática e tecnológica, dominada pela informação e comunicação, é uma das finalidades do ensino das ciências (Hurd, 1987).

Solomon (1994b) realça o facto dos alunos aprenderem ciência fora da escola, particularmente através dos media, com realce para os conhecimentos sobre as interacções CTS na vida quotidiana. Segundo a autora, existem entre estes dois mundos semelhanças a nível de conteúdos que podem ser exploradas na sala de aula, nomeadamente as questões ambientais que poderão envolver controvérsias e dilemas éticos, contribuindo, deste modo, para a formação de valores do aluno.

No caso particular do tema da Acústica, Rutherford e Ahlgren (1995) mencionam que os docentes deveriam iniciar este assunto com “questões e fenómenos que são interessantes e familiares aos estudantes, e não com abstrações ou fenómenos que estejam fora do alcance da sua percepção, compreensão ou conhecimento” (p. 225). Este conselho foi seguido nas aulas de Acústica da presente pesquisa.

Manso et al. (1996), Baird (1995) e Lubbers (1988, citado por Baird, 1995) consideram o tema da poluição sonora como sendo um dos possíveis temas propícios para ser explorado numa vertente CTS. Trata-se de um problema constante das nossas vidas.

Este tipo de poluição está a afectar, cada vez mais, o bem-estar físico e psíquico dos cidadãos. Cada vez mais somos sujeitos à exposição permanente e prolongada a ruídos de



elevada intensidade sonora, como acontece, frequentemente, nas grandes cidades, em certas indústrias, em aeroportos, em recintos de espectáculos, etc. Sabe-se que, a longo prazo, isto poderá causar surdez parcial ou mesmo total. A poluição sonora é um dos elevados preços que o homem paga pelo progresso técnico.

O envolvimento do aluno em actividades relacionadas com esta temática, como, por exemplo, a medição de níveis sonoros e a obtenção e a exploração dos seus audiogramas, poderá sensibilizá-los para a problemática de que a poluição sonora é um factor de degradação de qualidade de vida resultante da relação CTS. É necessário compreender as suas causas, de modo a minimizar os seus efeitos no organismo e no meio ambiente. Este tipo de envolvimento do aluno sucedeu na turma experimental da presente pesquisa.

Recentemente, Ríos e Solbes (2003) realizaram uma investigação sobre as concepções dos alunos acerca das relações CTS. Os resultados obtidos mostraram que “as ideias dos alunos de matérias tecnológicas sobre a ciência são deficientes, consideram maioritariamente a tecnologia como ciência aplicada e desconhecem as relações de ambas com a sociedade e o ambiente” (p. 68). Segundo estes autores, outras investigações realizadas, especialmente as de Solbes e Vilches (1997, citados por Ríos e Solbes, 2003) e Ribelles, Solbes e Vilches (1994, citados por Ríos e Solbes, 2003), colocaram a ênfase de que o ensino das ciências é feito sem ter em conta as relações CTS. A este propósito explicitam que

tanto a física e a química, como a biologia e a geologia que se ensinam não têm em conta as múltiplas relações que se podem estabelecer com as respectivas tecnologias associadas, considerando tais tecnologias, na realidade, como ciência aplicada. Tão pouco se mostram as suas relações com a sociedade e com a natureza, dando uma imagem descontextualizada das mesmas. (p. 63)

Uma das consequências deste tipo de ensino é o facto de tanto os alunos de física e química como os de biologia e geologia terem uma imagem descontextualizada das respectivas ciências, que não tem em conta as suas relações com a tecnologia e o ambiente (idem).

#### 4.6.5 O ensino CTS numa perspectiva construtivista do ensino das ciências

Para muitos investigadores do ensino das ciências, a ligação CTS encontra na filosofia construtivista o modelo que tende a converter-se num tema unificador da educação científica.

O construtivismo parte do princípio de que a aprendizagem nunca pode ser independente de quem aprende, não pode simplesmente transferir-se de uma pessoa para outra: a transmissão de conhecimentos é um conceito sem sentido.

O modelo construtivista indica que cada ser humano deve ligar ideias e estruturas que tenham um significado pessoal, no acto de aprendizagem. Desta maneira, cada aluno constrói os seus conhecimentos científicos mediante a sua própria e muito pessoal actividade intelectual, baseada na activação dos seus conhecimentos ou ideias prévias sobre o tema. É uma estratégia educativa que liga os aspectos científicos e tecnológicos com as necessidades e problemas sociais (como a ligação CTS), e implica uma ligação imediata com aspectos que devem ter relevância e significado pessoal para os alunos. Assim, a abordagem CTS na sala de aula deve basear-se no modelo construtivista da aprendizagem.

Ainda que a aprendizagem ocorra quando a pessoa que aprende pode relacionar ideias que impliquem uma construção de significados pessoais, o processo não ocorre sempre de forma isolada. Deste modo, a sala de aula pode ser um local onde os alunos partilham as suas próprias construções pessoais e onde os professores motivam a aprendizagem desafiando as concepções dos aprendizes.

De acordo com Sequeira (2000), o movimento CTS, baseado na teoria construtivista da educação, é um “movimento que encara o ensino e a aprendizagem das ciências no contexto da experiência humana” (p. 186). Segundo o autor, a aprendizagem da ciência num contexto deste tipo ajuda os alunos,

- ◆ na aquisição de conceitos e na capacidade de utilização de competências;
- ◆ a melhorar a sua capacidade criativa;
- ◆ a melhorar a sua atitude perante as ciências;
- ◆ a utilizar os conceitos e processos científicos na sua vida diária;

- ♦ a tomar decisões.

Para alguns autores, designadamente Canavarro (1999) e Fontes e Silva (2004), a abordagem CTS no ensino da ciência faculta ao aluno um papel activo no processo da sua aprendizagem, permitindo-lhe “uma intervenção sempre constante na formação das suas aprendizagens” (Canavarro, 1999, p. 123). Este tipo de estratégia

procura organizar o ensino da ciência na escola em torno de assuntos científicos com implicações sociais, dando mais importância ao processo de aprendizagem do que ao produto. Desta forma, o estudante, ao invés de desempenhar um papel passivo, tem uma função activa, passando a explorar as formas de procurar, analisar, seleccionar e discutir informação. (Fontes e Silva, 2004, p. 41)

Lutz (1996) defende a ideia de que o construtivismo é o modelo da aprendizagem subjacente à estratégia de ensino da ciência conhecida como CTS. A ciência, sendo uma construção humana, está condicionada pela sociedade em que se desenvolve. Deste modo, o modelo construtivista deve incluir aspectos de interacção ciência, tecnologia e sociedade (CTS) ou ciência, tecnologia, sociedade, ambiente (CTS-A), nos conteúdos de matérias científicas e nas práticas metodológicas.

Para esta investigadora, um dos aspectos fundamentais desta perspectiva aponta para o desenvolvimento da autonomia e da responsabilidade do sujeito que aprende, sendo estes conceitos-chave numa prática de ensino-aprendizagem que se defende construtivista.

Nas salas de aulas, os estudantes, na maior parte das vezes, são induzidos a aprender, mas não a aprender por si próprios. Uma estratégia que eleve a responsabilidade e a autonomia dos alunos deve ser activa, dinâmica e colocar a ênfase no processo de chegar à resposta de a um dado problema e não apenas no saber, no decorar uma resposta correcta e aplicá-la numa dada situação.

Na opinião de Lutz (1996), a abordagem CTS evidencia o processo de aprendizagem e não o produto obtido. Envolve o aluno na sua própria aprendizagem, ajudando-o a adquirir nova informação, a organizá-la, a testá-la, não se limitando a mostrar aquilo que deve ser aprendido.

No sentido exposto anteriormente, a autora afirma a ligação entre esta abordagem e o construtivismo. Por outro lado, na linha de Driver e Oldham (1986), Lutz (1996) defende a aprendizagem, como a mudança das concepções prévias dos sujeitos.

Também Ckeek (1992, citado por Membiela, 2001, p. 95) propôs um modelo construtivista de desenvolvimento curricular CTS baseado no de Driver e Oldham (1986). Neste paradigma, o investigador considerou que os componentes principais a ter em conta, no desenho de materiais curriculares, são:

- a componente teórica – inclui aspectos ligados às construções teóricas, ao desenvolvimento moral, a esquemas explicativos da psicologia cognitiva, a processos grupais, ao pensamento crítico, às habilidades de resolução de problemas e de comunicação persuasiva;
- o conhecimento das concepções dos estudantes sobre os temas, particularmente os científicos, os tecnológicos, os sociais, e sobre o seu processo de ensino e aprendizagem;
- a motivação dos alunos;
- os conhecimentos e as destrezas dos professores;
- as questões relativas ao ambiente onde decorre a escolarização, nomeadamente, o tempo e os recursos disponíveis ou o próprio ambiente físico;
- os conteúdos, que não devem ficar reduzidos a uma só abordagem disciplinar.

Segundo Baird (1995), a utilização de actividades CTS na aprendizagem da ciência dentro do modelo construtivista pode melhorar a atitude dos alunos para com a ciência, motivando-os para o estudo. O seu principal objectivo será a preparação de cidadãos para a vida numa sociedade que se pretende democrática. Esta perspectiva surge como a mais promissora numa educação científica e tecnológica, ajudando, por um lado, os alunos a tornarem-se conscientes dos problemas que afectam a sociedade e, por outro, a tomarem decisões fundamentadas e responsáveis, num futuro não muito distante.

#### 4.7 Reflexão final do capítulo 4

Em suma, neste capítulo sobre as perspectivas recentes de ensino: caracterização e evolução foram apresentadas algumas linhas de investigação: ensino por descoberta; ensino para a mudança conceptual, ligado ao movimento das concepções alternativas e, por fim, o ensino por pesquisa.

O ensino por descoberta nasceu contra um ensino por transmissão, excessivamente memorístico, dos conteúdos conceptuais da ciência, procurando evidenciar a importância, por um lado, da experimentação e, por outro, do valor formativo inerente aos seus métodos (Furió, 2001). Quanto aos restantes movimentos abordados neste capítulo, apresentamos no quadro seguinte as suas principais características. Este quadro foi construído a partir das ideias apresentadas por Cachapuz et al. (2002, pp. 142-143).

Quadro 9 - Perspectivas de ensino das ciências e características dominantes.

| <del>Perspectivas de ensino</del><br>Características | Ensino por mudança conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ensino por pesquisa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Finalidade                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>mudança de conceitos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>construção de conceitos, competências atitudes e valores.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Vertente epistemológica                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>a observação de factos está carregada de teoria;</li> <li>o conhecimento científico é encarado como sendo um percurso descontínuo e incerto, dinâmico e dialéctico.</li> </ul>                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>visão externalista contemporânea da Ciência, valorizando uma perspectiva global da Ciência;</li> <li>interdisciplinaridade e transdisciplinaridade;</li> <li>valorização da história da ciência e contextos socioculturais de produção do conhecimento;</li> <li>as misconceptions são consubstanciais ao conhecimento</li> </ul>                                                            |
| Vertente da aprendizagem                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>perspectivas construtivistas da aprendizagem, em particular valorizando as concepções alternativas dos alunos relativas a conceitos científicos.</li> </ul>                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>superação de situações problemáticas;</li> <li>baseia-se e em perspectivas socioconstrutivistas;</li> <li>conhecimento para a acção.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| Papel do professor                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>o professor diagnostica concepções alternativas dos alunos e a partir destas organiza estratégias de domínio cognitivo para promover aprendizagens adequadas.</li> </ul>                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>o professor como problematizador de saberes;</li> <li>o professor como orientador e facilitador de aprendizagens</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Papel do aluno                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>o aluno como construtor da sua aprendizagem conceptual.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>aluno activo assumindo papel de pesquisa;</li> <li>reflexão crítica sobre as suas maneiras de pensar, de agir e de sentir.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Caracterização didáctico-pedagógica                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>parte das concepções alternativas dos alunos, funcionando os conteúdos como um meio de aprendizagem para promover a mudança de conceitos, através da superação de conflitos cognitivos;</li> <li>há uma sequencialidade no percurso de mudança conceptual;</li> <li>avaliação formativa e sumativa, centrada nos conceitos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>estudo de problemas abertos, sempre que possível, com interesse para os alunos e de âmbito CTSA;</li> <li>trabalho de grupo cooperativo;</li> <li>actividades de síntese e de reflexão crítica;</li> <li>a a valiação da aprendizagem engloba conceitos, capacidades, atitudes e valores;</li> <li>a avaliação é parte integrante do ensino e organiza-se em ciclos de avaliação.</li> </ul> |

Implícita na abordagem do ensino por pesquisa está a ligação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, cujas principais características apontam no sentido de que a ciência e a tecnologia são factores essenciais ao desenvolvimento das sociedades e que, para tal, implicará que os indivíduos e os membros dessa sociedade saibam lidar com essas questões.

A alfabetização científica da sociedade é um desafio urgente que se coloca à escola do século XXI, para que os futuros cidadãos possam participar em tomadas de decisões referentes à ciência e tecnologia contemporâneas, desde as relativas a questões mais gerais, como as relacionadas com a orientação e o controlo democrático das prioridades da investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, até às mais próximas e quotidianas, como, por exemplo, as referentes às numerosas controvérsias tecnocientíficas e medioambientais que surgem na sociedade, ou com as decisões pessoais que, por exemplo, dizem respeito à saúde ou ao consumo (Acevedo et al., 2005).

Além disso, a inclusão das interações CTSA na sala de aula contribuirá “para uma mudança de atitude face às ciências e à sua aprendizagem, bem como no reconhecimento do importante papel que o seu ensino deve ter na formação das pessoas” (Solbes et al., 2001, p. 230).

A alfabetização não se alcança apenas através de conhecimentos teóricos, mas requer climas estimulantes que suscitem o gosto por aprender, um professorado atento às fronteiras da ciência, disposto a integrar novos conhecimentos e uso de estratégias que tornem possível a aquisição de competências (Marco-Stiefel, 2001).

A perspectiva CTSA constitui uma boa alternativa ao actual ensino da ciência, desde que apresente aos estudantes uma imagem da ciência como um elemento de cultura e que, além disso, os motive e os envolva na sua aprendizagem.

A interacção CTSA encontra-se subjacente aos temas organizadores previstos nos programas oficiais de Ciências nos três ciclos do Ensino Básico do currículo nacional.

No capítulo seguinte analisamos o modo como o tema som está explícito nos programas nacionais, do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Além disso, descrevemos as

concepções dos alunos indicadas em diversas investigações realizadas no âmbito do tema da Acústica.

Tal como foi referido, as crianças chegam à escola com concepções alternativas de muitos fenómenos que irão ser estudados nas aulas de ciências. Estas concepções encontram-se fortemente enraizadas, tornando-se resistentes à mudança. Além disso, muitas vezes, estas ideias diferem das veiculadas pela ciência escolar, interferindo na aprendizagem dos conceitos científicos. Daí que seja imprescindível o seu conhecimento pelo professor, aquando da abordagem de um tema. Só depois de o professor conhecer o que o aluno já sabe é que poderá decidir o que fazer e como fazer o seu ensino (Duarte e Faria, 1991).

Partilhamos da ideia de Furió (1996) que considera que a linha de investigação das concepções alternativas é importante na didáctica das ciências, cujos resultados, adicionados a outros provenientes dos encontrados em outros domínios, como a resolução de problemas, as ciências cognitivas, a psicologia sociocultural e a teoria da aprendizagem significativa, por exemplo, contribuirão para a construção de um corpo teórico de conhecimentos coerentes nesta área.

Ao trabalhar a partir das ideias trazidas pelos alunos, os professores estarão em posição ideal para diagnosticar as suas estruturas do conhecimento e de raciocínio. Além disso, com base nessas informações, os docentes podem, planificar as aulas de modo a satisfazer as necessidades dos alunos e, simultaneamente, envolvê-los na construção do conhecimento científico (Duschl, 1995, p. 4)

A aprendizagem implica um processo de negociação e partilha de sentido. Este procedimento “surge como potenciador de alterações conceptuais e de reflexões em torno das formas de conhecimento dos próprios indivíduos, questões nucleares para uma abordagem de ensino que se pretende assumir como construtivista” (Canavarro, 1999, p. 135).

## **CAPÍTULO 5**

### **A ÁREA TEMÁTICA DA ACÚSTICA**

Neste capítulo analisaremos a área temática da Acústica, tal como vem tratada nos programas curriculares de Física, desde o Ensino Básico ao Ensino Secundário, apresentados em documentos oficiais.

Nesta abordagem, a temática foi dividida nos seguintes quatro subtemas: produção e propagação do som; os fenómenos sonoros; as propriedades do som; a audição de sons e a poluição sonora.

De modo a enquadrar os programas analisados do Ensino Básico, e porque é este o grau de ensino que nos interessa particularmente nesta investigação, pelas razões que iremos apontar, iniciaremos o capítulo com uma breve caracterização da reorganização deste nível de ensino.

Depois e porque pensamos que, num currículo de Ciências, é desejável que na preparação da abordagem dos temas se tenha em linha de conta as finalidades estabelecidas para cada nível de ensino (Furió, 1996) e, também as evidências da investigação, nomeadamente as relacionadas com a importância das concepções alternativas dos alunos (Gil-Perez e Carrascosa, 1990; Furió, 1996), apresentamos as concepções destes sobre a Acústica, recolhidas da diversa literatura consultada.

As concepções dos alunos, encontradas nos vários estudos, foram agrupadas nos subtemas referidos anteriormente. Embora a constituição das amostras dos diversos estudos apresentados sejam diferentes, nomeadamente na nacionalidade, no nível etário e na formação escolar no tema em questão, é possível evidenciar um conjunto de traços comuns que sintetizaremos num quadro.



## **5.1 O Som nos programas curriculares portugueses**

### **5.1.1 Um breve olhar pela reorganização do Ensino Básico**

O Decreto-Lei nº 6/2001, de 18 de Janeiro, constitui a base legal que suporta a recente reorganização do Ensino Básico. Logo no início do seu texto, pode-se ler que o Programa do Governo assume como objectivo estratégico a

garantia de uma educação de base para todos, entendendo-a como início de um processo de educação e formação ao longo da vida, objectivo que implica conceder uma particular atenção às situações de exclusão e desenvolver um trabalho de clarificação de exigências quanto às aprendizagens cruciais e aos modos como as mesmas se processam. (D.L. nº 6/2001, p. 258)

A reorganização do currículo do Ensino Básico surge, assim, como a principal medida para que se possa concretizar o referido objectivo. Com esta reorganização pretendeu-se, entre outros aspectos, “reforçar a articulação entre os três ciclos que o compõem, quer no plano curricular quer na organização de processos de acompanhamento e indução que assegurem, sem perda das respectivas identidades e objectivos, uma maior qualidade das aprendizagens” (D.L., nº 6/2001, p. 258).

Entre as várias mudanças que esta reorganização do Ensino Básico propõe, assume especial relevo a obrigatoriedade do ensino experimental das Ciências, o aprofundamento da aprendizagem das línguas modernas, o desenvolvimento da educação artística e da educação para a cidadania e o reforço do núcleo central do currículo nos domínios da língua materna e da Matemática. Uma outra medida importante é a introdução no currículo de três novas áreas curriculares não disciplinares, concretamente:

- a Área de Projecto, visando a concepção, realização e avaliação de projectos, através da articulação de saberes de diversas áreas curriculares, de acordo com as necessidades e os interesses dos alunos;
- o Estudo Acompanhado, visando a aquisição de competências que permitam a apropriação pelos alunos de método de estudo e de trabalho e possibilitem o

desenvolvimento de capacidades e atitudes que estimulem uma progressiva autonomia na realização de aprendizagens;

- a Formação Cívica, visando o desenvolvimento da consciência cívica dos alunos como elemento fulcral no processo de formação de cidadãos responsáveis, críticos, activos, intervenientes na vida da turma, da escola e da comunidade (Decreto-Lei nº 6/2001).

A organização e a gestão do currículo subordinam-se a princípios orientadores, como:

- a coerência e sequencialidade entre os três ciclos do ensino básico e a articulação destes com o ensino secundário;
- a valorização das aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas, em particular no ensino das ciências, promovendo a integração das dimensões teórica e prática;
- a educação para a cidadania;
- a valorização da diversidade de metodologias e estratégias de ensino e actividades de aprendizagem, em particular com recurso a tecnologias de informação e comunicação, visando favorecer o desenvolvimento de competências numa perspectiva de formação ao longo da vida (Decreto-Lei nº 6/2001).

De acordo com os princípios estipulados no Decreto-Lei mencionado anteriormente, o Ministério da Educação define o conjunto de competências consideradas essenciais e estruturantes no âmbito do desenvolvimento do currículo nacional. Entre elas, inclui as

competências de carácter geral, a desenvolver ao longo de todo o ensino básico, assim como as competências específicas que dizem respeito a cada uma das áreas disciplinares e disciplinas, no conjunto dos três ciclos e em cada um deles. Além disso, explicita ainda os tipos de experiências de aprendizagem que devem ser proporcionadas a todos os alunos. (Currículo Nacional do Ensino Básico-Competências Essenciais, 2001, p. 9)

O termo competência é usado no documento numa acepção ampla, que procura integrar conhecimentos, capacidades e atitudes, e que pode ser entendida como “saber em acção ou em uso” (idem, p. 9). Em cada ciclo, a formulação de competências pretende

acentuar a importância das várias fases do percurso do aluno, enquanto momentos que se consideram privilegiados para se fazer um balanço sistemático das aprendizagens por ele realizadas.

No processo de desenvolvimento do currículo, o conjunto das competências gerais constitui um elemento de trabalho fundamental. Assim, para cada competência geral formulada, apresenta-se um conjunto de modos de operacionalização transversal e a respectiva operacionalização específica, em ligação com tipos de acções a desenvolver por cada professor na respectiva disciplina.

Quanto às competências específicas, estas encontram-se explícitas nos diversos capítulos das diferentes disciplinas que fazem parte do currículo do Ensino Básico. Por vezes, estas competências estão definidas por “área disciplinar”, como é o caso das Ciências Físicas e Naturais do 3º Ciclo, que está desdobrada nas disciplinas de Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas.

De modo a proporcionar uma melhor aprendizagem, cabe à escola a organização dos saberes, do currículo. As competências essenciais devem ser encaradas apenas como referências para o trabalho dos professores e não serem entendidas como um produto acabado; de acordo com a diversidade de situações que possam surgir, seguir-se-ão caminhos diferentes para o seu desenvolvimento.

Esta reorganização curricular assume o objectivo fundamental de encontrar um caminho para terminar com a lógica uniforme de currículo.

Roldão (2002) considera que o documento do “Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais” (2001b) tem características diferentes dos habituais textos programáticos devido, fundamentalmente, a três razões: a primeira, porque pela primeira vez é expressa a ideia de que o currículo é aquilo que se espera que os alunos fiquem a saber e a saber-fazer depois de terem frequentado a escola; a segunda, “porque se institui a noção de que este nível do currículo (...) se assume como constitutivo do currículo nacional, e corporizador de todos os conhecimentos, conceitos e técnicas que tiverem sido trabalhadas” (idem, p. 60); e finalmente, porque pela primeira vez se estabelece que “o currículo escolar se

*joga nos seus resultados, traduzido nas competências que se demonstram'* (idem) e não em listagens de conteúdos. Os conteúdos não são substituídos por competências, mas devem expressar-se em competências, como pensar, analisar, agir, compreender. A este propósito, não será alheio o facto de a sociedade esperar cidadãos que não só sejam formados mas também informados.

### 5.1.2 O som e os programas actuais

Nos programas portugueses de Física estão contemplados conteúdos de Acústica, tanto no Ensino Básico (1º e 3º Ciclos sobretudo, embora no 2º Ciclo também surjam alguns conteúdos relacionados com o som na disciplina de Educação Musical) como no Ensino Secundário neste último nível, de forma mais concreta no 11º ano de escolaridade, no âmbito das disciplinas de Física e Química A e Física e Química B.

#### 5.1.2.1 O som no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico

O programa do 1º Ciclo inclui vários domínios disciplinares (áreas temáticas). Em cada um deles estão presentes princípios orientadores, objectivos gerais e blocos de aprendizagem (blocos de conteúdos) (Ministério da Educação, 2004). Além disso, por vezes, surgem mencionadas indicações metodológicas. Nesse caso, estas encontram-se dispersas nos princípios orientadores ou, então, no texto introdutório de cada um dos blocos de aprendizagem.

Os programas do 1º Ciclo permitem que, ao longo dos quatro anos os alunos realizem “experiências de aprendizagem activas, significativas, integradas e socializadoras” (Ministério da Educação, 2004, p. 23) que garantam o seu sucesso escolar.

Os princípios orientadores propõem fundamentos e apontam para perspectivas estratégicas de desenvolvimento das práticas educativas nos diferentes domínios disciplinares que constituem o currículo. Os objectivos gerais do domínio disciplinar ou interdisciplinar expressam as competências globais que cada aluno terá de atingir, até ao fim do 1º Ciclo, no respectivo domínio do currículo.

Os blocos de aprendizagem, por sua vez, dizem respeito a “conjuntos de actividades de aprendizagem traduzidos por um conceito, por um tema articulador, ou pela designação de uma etapa de desenvolvimento da actividade curricular” (idem, p. 27). Cada bloco, enquanto capítulo ou segmento de um domínio disciplinar, é formado por quatro etapas de actividades, que correspondem a cada um dos quatro anos que compõem o 1º Ciclo. Todos os blocos são introduzidos por um texto de orientação teórica e pedagógica para cada um dos subdomínios ou segmentos de acção educativa. Em cada bloco é exposto um conjunto de listas de actividades de aprendizagem ou experiências educativas expressas sob a forma de objectivos de acção. Segundo o programa, “cada conjunto das actividades contextualiza-se num enunciado mais geral de acção ou num conceito ou tema aglutinador das referidas actividades para cada domínio do saber ou do programa” (idem, p. 27).

Miguéns et al. (1996) consideram que a primeira questão que se pode colocar, quando se analisa o programa deste nível de ensino é se se justifica a inclusão das ciências no currículo de estudos das crianças cujas idades, normalmente, são compreendidas entre os 6 e os 10 anos. Estes autores manifestam a sua concordância e justificam-na baseando-se no pensamento da autora Harlen (1985). Ela defende a ideia de que existem “evidências que as atitudes perante a ciência se formam bastante cedo, na criança, e que estas tendem a ser definidas na idade de 11, 12 anos” (in Miguéns et al., 1996, p. 43). Além disso, Harlen (1985) acrescenta que

quer se ensine ciência às crianças, quer não, elas desenvolverão ideias acerca do mundo que as rodeia, logo nos primeiros anos das suas vidas. Quanto mais tempo as crianças estiverem a apropriar-se de ideias não científicas, mais difícil será a sua modificação. (in Miguéns et al., 1996, p. 43)

Diversos investigadores, particularmente Roig (1982) e Martins da Silva (2005), consideram que o tema som está presente no dia-a-dia, nas mais diversas situações, daí que o seu ensino seja importante. Particularmente, Martins da Silva (2005) considera que o som pode ser encarado segundo diversas facetas. Entre elas, como:

- *meio de comunicação* - o Homem é “um ser falante”, deste modo, “tudo o que tenha um suporte sonoro, tudo aquilo que tenha uma mensagem sonora tem, com certeza, importância para ele” (idem, p. 1);
- *conhecimento do meio ligado à sobrevivência do Homem* - a audição foi desenvolvida para aumentar a sobrevivência do Homem, “o Homem apareceu como espécie num mundo que era povoado por mamíferos gigantes, onde ele era um pequeno roedor. Portanto, o ouvido era o órgão que ele tinha de desenvolver (...) para que pudesse perceber o que estava à sua volta” (idem, p. 1);
- *factor de perturbação do Homem* - a audição permite-nos comunicar com o ambiente mas, além disso, pode ser afectada pelas nossas acções, pelos ruídos que produzimos. Na verdade, “vivemos num ambiente de muitos ruídos”; assim, as crianças devem ser ensinadas a “ter cuidado na forma como ouvem e na forma como produzem ruído” (idem, p. 2);
- *agente estabilizador do Homem* - em particular, com a ajuda de aspectos associados ao campo da música. Com efeito, “seria bom que as crianças desenvolvessem todas as coisas preciosas que existem no mundo da música”, por exemplo, explorando “as quatro estações de Vivaldi”, os “sons do sino”, o “ouvir o mar”. Além disso, a música pode ser “uma forma de domesticar as pessoas”, no sentido de as relaxar enquanto a ouvem (idem, p. 2);
- *aplicações em diversos campos* - presente em “todas as coisas ligadas às extraordinárias aplicações da electrónica, quer na área do vídeo, quer na área do áudio” (idem, pp. 2-3);

- um tema estruturador que permite a ligação entre a Ciência Tecnologia e Sociedade.

Alguns destes aspectos estão presentes no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico. Neste nível de ensino a abordagem do som inicia-se logo no 1º ano de escolaridade, nas áreas temáticas do Estudo do Meio e da Expressão e Educação Musical, onde se procura que os alunos se familiarizem com alguns aspectos ligados ao som, nomeadamente a produção, propagação, propriedades e audição do som, assim como aspectos relacionados com a educação ambiental.

No quadro 11 da página seguinte, apresentamos os conteúdos do tema som no programa curricular do 1º Ciclo de Ensino Básico (2004), indicando, também, os respectivos objectivos programáticos pertencentes a cada bloco de aprendizagem das várias áreas temáticas deste programa.

Da análise do quadro 10, constatamos que no primeiro ano de escolaridade os alunos começam por adquirir noções elementares acerca da produção e recepção de sons. No segundo ano, aumentam os conteúdos acerca da produção e recepção de sons e, pela primeira vez, são leccionados conteúdos relacionados com a propagação, propriedades dos sons e poluição sonora, relacionada com a audição de sons.

No terceiro ano, continuam-se com os conteúdos abordados no 2º ano, excepto os relacionados com a poluição sonora. Esta abordagem dos conteúdos do ano anterior não implica, necessariamente, uma repetição, desde que os docentes tenham em mente que, em cada nível, o aluno se vai desenvolvendo, adquirindo novos conhecimentos, até em outras áreas e novas vivências, o que permite ao professor interligá-los. No quarto ano, os alunos trabalham a maior parte dos conteúdos iniciados no terceiro com a introdução de outros relacionados com a transmissão do som através dos sólidos, líquidos e gases. Estes novos conteúdos poderão ajudar os alunos a explorarem questões relacionadas com formas de protecção da poluição sonora através da eventual utilização de materiais que atenuam a intensidade do som. Ainda neste ano de escolaridade, volta a abordagem da poluição sonora, agora mais explícita no programa e inserida num novo bloco de aprendizagem intitulado À

*descoberta das inter-relações entre a natureza e a sociedade* (bloco 6), na secção 2 A qualidade do ambiente (Ministério da Educação, 2004, p. 130).

Quadro 10 - Conteúdos obrigatórios referentes à temática do som no programa do 1º Ciclo do Ensino Básico.

| Temática do som                                                           | Ano de escolaridade |                  |                  |                  | Objectivos programáticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bloco                                                                                                                                                                                        | Área Temática                                      |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                                           | 1º                  | 2º               | 3º               | 4º               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                              |                                                    |
| Produção de sons                                                          | x                   | x<br>x<br>x      | x<br>x           | x<br>x           | - Experimentar as potencialidades sonoras de materiais e objectos.<br>- Construir fontes sonoras introduzindo modificações em materiais e objectos.<br>- Construir instrumentos musicais elementares seguindo indicações ordenadas de construção.<br>- Utilizar instrumentos musicais.<br>- Utilizar diferentes maneiras de produzir sons: com a voz, com percussão corporal, com objectos, com instrumentos musicais, com aparelhos electro-acústicos.<br><br>- Identificar sons do ambiente imediato; produzir sons (percutindo, soprando, abanando objectos e utilizando instrumentos musicais simples) | Bloco 1- Jogos de exploração: Instrumentos<br><br>Bloco 2- Experimentação, Desenvolvimento e Criação Musical: Expressão e Criação musical.<br>Bloco 5- À descoberta dos materiais e objectos | Expressão e Educação Musical<br><br>Estudo do meio |
| Propagação dos sons<br>✍ Transmissão do som                               |                     |                  |                  | x                | - Realizar experiências de transmissão do som através dos sólidos, líquidos e gases (construir um telefone de cordel, campainha dentro de um recipiente com água ...).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bloco 5 - À descoberta dos materiais e objectos                                                                                                                                              | Estudo do meio                                     |
| ✍ Representação do som                                                    |                     | x                | x                | x                | - Inventar/Utilizar gestos, sinais e palavras para expressar/comunicar: timbre, intensidade, duração, altura.<br>- Inventar/utilizar códigos para representar o som da voz, corpo e instrumentos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bloco 2- Experimentação, Desenvolvimento e Criação Musical: Representação do som.                                                                                                            | Expressão e Educação Musical                       |
| Propriedades do som<br>✍ Intensidade<br>✍ Altura<br>✍ Timbre<br>✍ Duração |                     | x<br>x<br>x<br>x | x<br>x<br>x<br>x | x<br>x<br>x<br>x | - Organizar, relacionar e classificar conjunto de sons.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bloco 2- Experimentação, Desenvolvimento e Criação Musical: Desenvolvimento auditivo.                                                                                                        | Expressão e Educação Musical                       |
| ✍ Receptor do som (ouvido)                                                | x                   | x<br>x           | x                | x                | - Dialogar sobre meio ambiente sonoro.<br><br>- O seu corpo: localizar no corpo os órgãos dos sentidos; distinguir sons do ambiente que o cerca (vozes, ruídos de máquinas).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bloco 2- Experimentação, Desenvolvimento e Criação Musical: Desenvolvimento auditivo.<br><br>Bloco 1- À descoberta de si mesmo                                                               | Expressão e Educação Musical<br><br>Estudo do meio |
| ✍ Poluição sonora                                                         |                     | x                |                  | x                | - Saúde do seu corpo: identificar alguns cuidados a ter com a audição (por exemplo, evitar sons de intensidade muito elevadas).<br><br>- Reconhecer algumas formas de poluição sonora (fábricas, automóveis, motos).<br>- Identificar alguns efeitos prejudiciais do ruído.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bloco 1- À descoberta de si mesmo<br><br>Bloco 6- À descoberta das inter-relações entre a natureza e a sociedade.                                                                            | Estudo do meio<br><br>Estudo do meio               |



Os conceitos presentes no programa do 1º Ciclo manifestam uma sequência que é imposta pelo facto de serem abordados ao longo dos quatro anos que o compõem. Além disso, aparentemente, neste programa verifica-se uma estruturação com base no currículo em espiral proposto por Bruner (1960, 1998, 1999). Tal como foi referido no capítulo 2, referente à perspectiva psicológica no ensino das ciências, este psicólogo considera que os modos de representação do conhecimento variam quer com a idade quer com o estilo de aprendizagem do aluno. Daí, que, segundo este autor, a estruturação correcta de um dado assunto é apresentar aos estudantes os materiais a estudar segundo o seu modo de representação. O assunto deverá ser aprendido não linearmente, nem de uma só vez, mas deverá voltar-se a ele várias vezes, de forma cada vez mais aprofundada.

Consideramos que o tipo de conteúdos e a forma como são divididos pelos quatro anos que compõem o 1º Ciclo, particularmente os relacionados com a Acústica, são os adequados para alunos deste nível de ensino. Porém, existem, ainda, alguns aspectos nesse programa que merecem a nossa atenção.

Um deles tem a ver com o facto de nele se verificar a ausência de especificações de ordem metodológica, particularmente na descrição de actividades experimentais, assim como a indefinição do papel do professor no processo de ensino-aprendizagem. Deste modo, no programa pode-se ler que “o trabalho a desenvolver pelos alunos integrará obrigatoriamente actividades experimentais e actividades de pesquisa, adequadas à natureza das diferentes áreas, nomeadamente no ensino das ciências” (Ministério da Educação, 2004, p. 19). Porém, tal como foi referido, não surgem especificações sobre o modo como as actividades se irão desenrolar.

Concretizando, por exemplo no quarto ano de escolaridade, na área temática Estudo do Meio, no bloco 5, surge explícito “realizar experiências de transmissão do som através dos sólidos, líquidos e gases” (idem, p. 126). Sobre este objectivo poderão levantar-se algumas questões, como as já colocadas por Miguéns et al. (1996), na análise do antigo programa do 1º Ciclo do Ensino Básico. Essas questões dividimo-las em dois grupos. Um grupo refere-se

à origem do assunto a explorar, o outro diz respeito aos objectivos com que se realizam as experiências propostas no programa.

Assim, no primeiro grupo, tornam-se pertinentes questões como, por exemplo, “fazer experiências, como? Partindo de problemas que surgem aos próprios alunos, ou partindo de problemas apresentados pelo professor e que os alunos, eventualmente, não sentem como situações problemáticas? Ou será que nem chega a haver um problema?” (idem, p. 60).

No segundo grupo surgem, por exemplo, as seguintes questões:

experiências que funcionam como verificação de um conhecimento pré-adquirido ou experiências em que o aluno investiga o porquê de um acontecimento para o qual ainda não tem resposta? Experiências delineadas pelo professor ou experiências planeadas pelos alunos? Fazer experiências para quê? Para aplicar conceitos já aprendidos ou para promover a aprendizagem de novos conceitos? Para desenvolver capacidades relacionadas com os processos científicos ou para desenvolver atitudes de natureza investigativa? (idem)

Todas estas e outras questões não encontram respostas no programa do 1º Ciclo, nomeadamente nos blocos cujos conteúdos estão relacionados com o tema som. Sem estes esclarecimentos, o modo de encarar o programa fica sujeito à vontade de cada um. Dependendo da formação do professor e da sua concepção acerca do ensino da ciência, as actividades experimentais poderão ser exploradas no sentido de contribuir para uma aprendizagem significativa ou, pelo contrário, para uma aprendizagem memorística.

Esta falta de explicitação de metodologias e do papel do professor estende-se também a outras actividades sugeridas no programa. São exemplos, entre outros, quando o mesmo sugere “construir fontes sonoras; construir instrumentos musicais” (Ministério da Educação, 2004, p. 70); “identificar sons” (idem, p. 124); “reconhecer algumas formas de poluição sonora (fábricas, automóveis, motos)” (idem, p. 131). Mais uma vez, estas actividades poderão servir, simplesmente, para os alunos manusearem material ou analisarem um texto ou, então, poderão transformar-se numa forma de estimular a criatividade, de aplicar conceitos, de resolver problemas.

Para além deste aspecto, há ainda três outros que merecem a nossa atenção. O primeiro refere-se ao assunto das concepções alternativas, particularmente no que diz respeito à sua

natureza, ao seu surgimento nos alunos. O segundo tem a ver com as estratégias a utilizar em sala de aula para superar obstáculos de índole cognitiva por eles criados. O terceiro aspecto é a dimensão Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.

Quanto ao aspecto das concepções alternativas, constatamos que não existe, ao longo de todo o programa do 1º Ciclo, particularmente na área temática do Estudo do Meio e Expressão e Educação Musical, qualquer referência explícita, ou mesmo uma chamada de atenção, às concepções alternativas dos alunos. Este facto já tinha sido constatado por Martins e Veiga (1999), quando da análise do antigo programa do 1º Ciclo do Ensino Básico.

Como referimos no capítulo 4, uma das características das concepções alternativas é o facto de elas se tornarem persistentes nos indivíduos e resistentes ao próprio ensino formal. Hoje em dia já existe alguma investigação sobre as concepções dos alunos de diferentes níveis etários e sobre diversos temas.

No actual programa do 1º Ciclo surgem algumas referências ao facto do professor dever apelar a situações do quotidiano, mas depois não é realçado que as concepções erróneas dos alunos devem ser exploradas pelo docente em sala de aula no sentido da sua desconstrução/reconstrução.

No que diz respeito à dimensão CTSA no ensino da ciência, esta aparece de forma implícita no programa do 1º Ciclo. Nomeadamente na área temática do Estudo do Meio, onde nos objectivos gerais surgem referências como, por exemplo, “identificar problemas relativos ao seu meio e colaborar em acções ligadas à melhoria do seu quadro de vida” (Ministério da Educação, 2004, p. 103), e, também, no bloco 6, na respectiva introdução, onde se pode ler que

toda a actividade humana deixa marcas e provoca alterações na Natureza. Essas alterações podem ser positivas quando o Homem, através da ciência e da técnica, consegue superar, de algum modo, obstáculos e adversidades naturais, ou negativas, quando produz desequilíbrios que podem levar ao esgotamento de recursos, à extinção de espécies, às destruições do ambiente. (idem, p. 127)

A principal finalidade desta abordagem será procurar nos alunos “atitudes relacionadas com a conservação e melhoria do ambiente, o uso racional dos recursos naturais, assim

*como uma participação esclarecida e activa na resolução de problemas ambientais” (idem).* Porém, saliente-se que no programa deste ciclo de ensino não se verifica a “apresentação de situações problema de cariz societal, nem organizadores do desenvolvimento dos conceitos em causa, o que é particularmente fácil de conceber para questões associadas ao ambiente” (Martins e Veiga, 1999, p. 53).

Além disso, as componentes humanitárias e de responsabilidade social, passíveis de serem exploradas pelos saberes inerentes à ciência, em particular pelos de Acústica, apenas são contempladas, de uma forma implícita, no quarto ano de escolaridade, conforme se consta em enunciados como “reconhecer algumas formas de poluição sonora (fábricas, automóveis, motos); identificar alguns efeitos prejudiciais do ruído” (Ministério da Educação, 2004, p. 131). Perales-Palacios (1997) defende a inclusão nos currículos do estudo da poluição sonora, uma vez que esta se converteu num poderoso agente contaminante de primeira magnitude.

Um outro aspecto que merece ser destacado no currículo do 1º Ciclo, é o facto de os alunos, logo nos primeiros anos de escolaridade, estudarem as propriedades do som, sem que, contudo, as relacionem com outras grandezas físicas, como a amplitude ou a frequência, que apenas são abordadas no 3º Ciclo.

O estudo das propriedades no 1º Ciclo é salientado por diversos autores, entre eles Perales-Palacios (1997), como sendo importante, conforme se pode deduzir das palavras desse autor:

desde os primeiros anos da escolarização obrigatória deve-se insistir em actividades linguísticas e sensoriais destinadas a distinguir ruído de som e a descrever este último através dos seus atributos (intensidade, altura, timbre). Sem dúvida deveria proceder-se à incorporação de especialistas em Educação Musical nos diferentes centros de ensino. (p. 242)

Diversos investigadores, nomeadamente Roig (1982) e Martins da Silva (2005), defendem a ideia de que a música é um dos elementos de motivação para a temática do som, para alunos e professores. Por exemplo, Roig (1982) considera importante a exploração com os alunos dos sons de uma orquestra, classificando os instrumentos, procurando as

causas das diferenças sonoras e a gama dos diferentes sons que cada instrumento pode produzir.

Martins da Silva (2005) considera que se deve chamar a atenção dos professores para aspectos de ordem artística inerentes à própria música. O investigador sugere a colaboração entre a escola e as instituições ligadas à música no sentido de, por um lado, sensibilizar os alunos para aspectos da música ligados ao tema da Acústica leccionada nas aulas e, por outro, proporcionar vantagens profissionais para as próprias instituições, como o “recolher possíveis clientes”. Esta colaboração, segundo este físico, poderia na prática ser implementada na escola, por exemplo na organização da “semana do som”, onde aí, entre outros aspectos, se “tocariam vários tipos de instrumentos e se falaria da recuperação dos mesmos”, no sentido de cativar os alunos para o estudo do som.

#### 5.1.2.2 O som no programa do 2º Ciclo do Ensino Básico

No 2º Ciclo do Ensino Básico, o som é abordado na área curricular Educação Artística e Tecnológica, na qual se insere a disciplina de Educação Musical.

As competências específicas a desenvolver nesta disciplina são definidas em torno de quatro temas organizadores, interdependentes entre si, a saber:

- *interpretação e comunicação;*
- *criação e experimentação;*
- *percepção sonora e musical;*
- *culturas musicais nos contextos* (Ministério da Educação, 2001b).

A construção destes temas organizadores baseou-se em acções provenientes de três grandes domínios da prática musical: Composição, Audição e Interpretação.

No quadro 11 apresentamos os conteúdos do tema som na disciplina de Educação Musical do 2º Ciclo de Ensino Básico, indicando, também, os respectivos objectivos programáticos pertencentes a cada tema organizador do programa.

Quadro 11 - Conteúdos obrigatórios da temática do som da disciplina de Educação Musical do 2º Ciclo do Ensino Básico.

| Temática do som                                              | Objectivos Programáticos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Tema organizador                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produção de sons<br>✍ Instrumentos Musicais                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contactar e construir diferentes instrumentos musicais, acústicos e electrónicos.</li> <li>- Adquirir diferentes técnicas de produção e de captação sonora.</li> <li>- Investigar e utilizar fontes sonoras convencionais e não convencionais, electrónicas e outras para compreender e interiorizar os conceitos e estruturas que enformam e organizam as obras musicais.</li> <li>- Conhecer o significado do "som".</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretação e comunicação</li> <li>• Criação e experimentação</li> <li>• Percepção sonora e musical</li> </ul> |
| Propriedades do som<br>✍ Intensidade<br>✍ Altura<br>✍ Timbre | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguir as propriedades do som</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Percepção sonora e musical</li> </ul>                                                                            |
| ✍ <b>Recepção do som (ouvido)</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conhecer a constituição do ouvido humano.</li> <li>- Utilizar a audição para desenvolver o pensamento musical.</li> <li>- Desenvolve a discriminação e a sensibilidade auditiva.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação e experimentação</li> <li>• Percepção sonora e musical</li> </ul>                                        |

A organização destes conteúdos visa a unidade do todo musical, evitando fragmentações e/ou isolamentos de ideias musicais.

Tal como sucedeu no 1º Ciclo, os alunos classificam os sons quanto à intensidade, altura e timbre sem que, contudo, os relacionem com a amplitude ou frequência. Porém, como é de prever nesta disciplina estes aspectos são explorados durante um maior período de tempo e para o efeito são utilizados instrumentos musicais, o que poderá conduzir a uma maior interiorização dos mesmos.

À semelhança do que se verifica no programa analisado do 1º Ciclo do Ensino Básico, as sugestões metodológicas encontram-se pouco específicas no programa do 2º Ciclo na disciplina de Educação Musical.

#### 5.1.2.3 O som no programa do 3º Ciclo do Ensino Básico

No 3º Ciclo do Ensino Básico a área disciplinar Ciências Físicas e Naturais é desdobrada em Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas, leccionada por dois professores, cada um responsável por uma das componentes da área.

O documento oficial que menciona as Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico (2001a) para esta área disciplinar é constituído por uma secção introdutória, onde se justifica a designação atribuída de “Orientações Curriculares” que surge no sentido de “dar ênfase às possibilidades de gestão dos conteúdos e de implementação de experiências educativas, por parte dos professores, de acordo com alunos e contextos diferenciados” (Ministério da Educação, 2001a, p. 3). Por outro lado, explicita-se também aí o que se entende por “currículo”, que deve ser entendido como sendo, fundamentalmente, uma “exemplificação de um conjunto de acontecimentos e situações em que os alunos e professores partilham conteúdo e significado” (idem).

Ainda nesta secção, é indicada a organização e o modo de apresentação do documento das Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico da área Ciências Físicas e Naturais (2001a). Desses itens destacamos a ideia de que a leitura do documento deve ser feita sequencialmente, respeitando os temas e o respectivo desenvolvimento programático previsto no documento das Competências Essenciais do Ensino Básico. Este documento aponta para a organização dos programas de Ciências nos três ciclos do Ensino Básico em quatro temas gerais: Terra no Espaço, Terra em Transformação, Sustentabilidade na Terra e Viver melhor na Terra. Porém, esta sequência poderá ser alterada pelo professor, tendo em conta, por exemplo, a actualidade de assuntos e as características dos alunos.

No documento das Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico da área Ciências Físicas e Naturais (2001a) são indicadas as competências essenciais para a literacia científica a desenvolver durante os três anos que compõem o Ciclo, terminando o respectivo documento com a indicação de aspectos associados à avaliação dos alunos.

As competências a desenvolver na exploração das experiências educativas têm a ver com:

- o conhecimento
  - substantivo – aconselha-se a análise e a discussão de situações problemáticas que possibilitem ao estudante adquirir conhecimento científico,

reconhecendo as limitações da Ciência e da própria Tecnologia na resolução de problemas de vária ordem, particularmente, os sociais, os ambientais e os pessoais;

- processual – propõe-se a vivência da realização de pesquisa bibliográfica, observação, execução de experiências, individualmente ou em grupo, planejamento e realização de investigações, avaliação dos dados obtidos, entre outras;
- epistemológico – sugere-se a análise e a realização de debates de relatos de descobertas científicas, nos quais, por exemplo, se mostrem êxitos, fracassos e influências da sociedade sobre a ciência;
- o raciocínio – propõem-se situações de aprendizagem focalizadas na resolução de problemas, planejamento de investigações, previsão e avaliação de resultados, entre outras. Tais situações têm como finalidade promover o pensamento de uma forma criativa e crítica e a utilização de estratégias cognitivas diversificadas;
- a comunicação – sugerem-se experiências educativas que incluem, por exemplo, o uso da linguagem científica, a utilização de distintos modos de representar essa informação, a vivência de situações onde se desenvolvam as capacidade de exposição de ideias, de argumentação e defesa, de análise e síntese. Propõem-se, ainda, experiências educativas de partilha de informação, de apresentação de resultados provenientes de pesquisa, utilizando, para o efeito, nomeadamente as Tecnologias de Informação e Comunicação;
- *atitudes* – apela-se para que, através das experiências educativas, se desenvolvam atitudes no estudante do foro formativo, inerentes ao trabalho em ciência. Destaca-se também a importância de valores como a curiosidade, a perseverança, o respeito pelo trabalho dos outros, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, “o desenvolvimento do sentido estético, de modo a apreciar a beleza dos objectos e dos fenómenos físico-naturais, respeitando a ética e a



*sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacto na sociedade e no ambiente”* (Ministério da Educação, 2001a, p. 6).

A coerência, tanto conceptual como metodológica, dos quatro temas acima descritos (Terra no Espaço, Terra em Transformação, Sustentabilidade na Terra e Viver melhor na Terra) tem como ideia mais abrangente a interacção Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, conforme se explicita na seguinte figura.

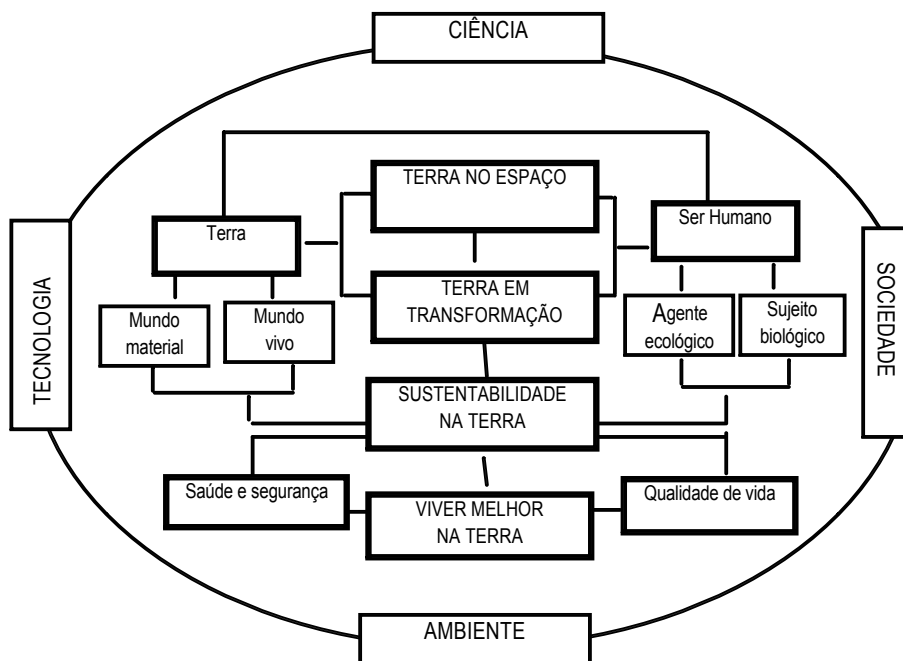


Figura 37 - Esquema organizador dos quatro temas gerais do ensino das ciências no Ensino Básico (Ministério da Educação, 2001a, p. 9)

A exploração dos diversos temas contemplados na área disciplinar de Ciências deverá ocorrer segundo uma perspectiva interdisciplinar, em que a interacção CTSA “deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização da aquisição dos saberes científicos” (Ministério da Educação, 2001a, p. 8; Ministério da Educação, 2001b, p.134).

A área de Ciências Físicas e Naturais é apresentada em dois níveis diferentes, que se interligam para dar sentido ao currículo de uma forma global. Assim, em cada tema organizador da área surgem, num primeiro nível, dois conjuntos de questões que se relacionam com conteúdos abordados nas duas disciplinas, Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas. Num segundo nível de abordagem, surgem indicações sobre quais os

conteúdos a desenvolver, assim como as experiências educativas que os alunos devem ter nesses conteúdos (Ministério da Educação, 2001a).

A temática do som, presente nas Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico (2001), surge integrada no tema organizador Sustentabilidade na Terra e é leccionada na disciplina de Ciências Físico-Químicas. Porém, dentro deste nível de ensino, não surge explícito, nas Orientações Curriculares, qual o ano de escolaridade em que os alunos estudam este tema. A decisão pertencerá aos professores, em cada grupo disciplinar de escola. Sobre esta temática “pretende-se que os alunos conheçam como se produz e detecta o som, as suas características e natureza, e as suas aplicações” (idem, p. 22).

No quadro 12 da página seguinte apresentam-se os conteúdos a abordar sobre este tema bem como os objectivos a atingir, formulados a partir do teor contido no texto das Orientações Curriculares, especificamente na secção das experiências educativas. Da análise deste quadro detectam-se alguns conteúdos que já foram abordados no 1º Ciclo do Ensino Básico. É o caso, por exemplo, da poluição sonora.

Este tipo de poluição está a afectar, cada vez mais, o bem-estar físico e psíquico dos cidadãos. Ele constitui um dos graves problemas da sociedade actual. Assim, torna-se importante que este assunto seja abordado nas aulas de ciência, dando sequência ao processo já iniciado no 1º Ciclo do Ensino Básico. A educação em ciência deve “permitir uma tomada de consciência quanto ao 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” (Ministério da Educação, 2001a, p. 8).

O facto de a temática ser abordada novamente traz vantagens, uma vez que os alunos, ao longo da escolaridade, vão acrescentando conhecimentos aos que já possuem, o que lhes permitirá analisar, sob outro ponto de vista, o assunto da poluição sonora, por exemplo, investigar outros problemas resultantes desta forma de poluição devido à exposição de fontes sonoras com intensidade elevada, audíveis ou não audíveis. O estudo do espectro sonoro e a medição de níveis sonoros em diversos locais ajudará à sensibilização para a matéria em

causa. Igualmente, ao compreender a forma como o ouvido humano reage a estímulos sonoros, a existência de ultra-sons e a sua importância, o aluno irá, por certo, tornar-se mais sensível a este precioso sentido da audição.

Quadro 12 - Conteúdos da temática do som nas Orientações Curriculares da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º Ciclo do Ensino Básico.

| Temática do som                                                                                                                                       | Objectivos Programáticos                                                                                                                                                         | Tema organizador            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Produção de sons<br>✍ Fontes sonoras<br>✍ Instrumentos musicais                                                                                       | - Identificar diferentes tipos de sons e de fontes sonoras.<br>- Classificar os instrumentos musicais segundo o modo como os sons são produzidos.                                | • Sustentabilidade na Terra |
| Propagação do som<br>✍ Mecanismo da propagação em diferentes meios<br>✍ Ausência da propagação no vácuo<br>✍ Valor da velocidade de propagação do som | - Estudar a propagação do som nos diversos meios.<br>- Constatar que o som não se propaga no vácuo.<br>- Determinar a velocidade do som no ar.                                   | • Sustentabilidade na Terra |
| Fenómenos Sonoros<br>✍ Reflexão<br>✍ Refracção                                                                                                        | - Investigar o que acontece quando o som incide em diferentes superfícies e quando passa através de meios distintos.                                                             | • Sustentabilidade na Terra |
| Propriedades do som<br>✍ Intensidade<br>✍ Altura<br>✍ Timbre                                                                                          | - Estudar as propriedades do som                                                                                                                                                 | • Sustentabilidade na Terra |
| Audição de sons<br>✍ Níveis sonoros<br>✍ Espectro sonoro<br>✍ Escala decibel                                                                          | - Medir níveis sonoros utilizando um sonómetro.                                                                                                                                  | • Sustentabilidade na Terra |
| ✍ <b>Poluição sonora</b>                                                                                                                              | - Discutir problemas de audição que surgem quando há exposição a fontes sonoras com intensidade elevada.                                                                         | • Sustentabilidade na Terra |
| ✍ <b>Aplicações do som</b>                                                                                                                            | - Conhecer aplicações do som no dia-a-dia (rádio, radar, ecografia, sonar).                                                                                                      | • Sustentabilidade na Terra |
| ✍ <b>Ondas</b>                                                                                                                                        | - Conhecer as características das ondas (Comprimento de onda, amplitude, frequência, período e velocidade das ondas).<br>- Distinguir ondas longitudinais de ondas transversais. | • Sustentabilidade na Terra |

Tal como acontecia no programa do 1º Ciclo, existe algum cuidado na estruturação dos assuntos, com respeito pelo que defende Bruner, segundo o qual um assunto não deve ser aprendido linearmente, uma vez que a representação que o aluno faz acerca do mesmo varia de acordo com a idade e com o respectivo desenvolvimento cognitivo.

Ainda em relação à sequência da estruturação dos assuntos, verifica-se que a Acústica parte, de um modo geral, de informação científica para a abordagem de problemas ambientais e de aplicações no dia-a-dia. Esta sequência acaba por enfatizar a aquisição de conteúdos em detrimento da componente formativa do aluno, ou seja, “o tratamento dos

*problemas reais que atingem o ambiente e a sociedade parecem minimizados e surgem como franjas complementares da abordagem de conceitos científicos”* (Miguéns et al., 1996, p. 82). Deste modo, estes investigadores defendem que a formação pessoal e social dos jovens seria mais eficazmente promovida se a estruturação dos assuntos tivesse como ponto de partida alguns problemas que afectam o mundo contemporâneo.

Nas Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico da área Ciências Físicas e Naturais (2001), da disciplina de Ciências Físico-Químicas a abordagem do conteúdo das ondas surge após a temática da luz, a seguir ao assunto do som. Esta sequência é contrária à defendida por diversos investigadores, como, por exemplo, Manso et al., (1995) e Mariano-Merino (1998), que consideram que o estudo do som é mais propício a uma abordagem das ondas do que o tema luz. Ao explorar as propriedades do som faz sentido relacioná-las com as propriedades das ondas sonoras. Nesse caso, o conceito de onda sonora já deve ter sido trabalhado com os alunos. Seguimos esta sugestão na planificação da unidade do som aplicada ao trabalho empírico da presente investigação.

Um outro aspecto que se observa na análise dos saberes, é que, no subtema dos fenómenos sonoros, apenas são mencionados os referentes à reflexão e à refacção do som. Pensamos que estes conteúdos são insuficientes, uma vez que os alunos que não queiram seguir a área das ciências terão aqui a última oportunidade de explorar fenómenos sonoros que são, igualmente, bastante importantes e que, além disso, fazem parte do quotidiano. É o caso, por exemplo, da difracção do som, a ressonância do som e os casos particulares da reflexão do som, o eco e a reverberação.

No anterior programa do 3º Ciclo a abordagem destes aspectos estava prevista, conforme se pode comprovar consultando o anexo I. Neste mesmo anexo acrescentamos, ainda, um quadro comparativo dos conteúdos de Acústica presentes no anterior programa e no actual do 3º Ciclo, bem como algumas considerações gerais acerca de ambos.

De salientar a ausência de qualquer referência metodológica, nas Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico da componente de Ciências Físico-Químicas, no tema organizador Sustentabilidade na Terra, de que o planeamento e a organização do ensino neste tema deverá ter em conta as ideias prévias dos alunos. Este factor, como salientámos no capítulo 2, é fundamental e deve ser tido em conta numa filosofia de ensino que pretende ser construtivista, tanto mais que, no início do texto referente a estas orientações, surge explícito que a aprendizagem dos alunos deve decorrer de “acordo com os seus ritmos diferenciados” (Ministério da Educação, 2001a, p. 3).

Torna-se difícil atingir este propósito, sem partir das concepções prévias dos alunos, até porque esta temática, devido à sua relação com o dia-a-dia, é propícia à aquisição de ideias. Estas, como já mencionámos no capítulo anterior, podem provir do campo sensorial, cultural ou escolar do aluno e o seu desconhecimento torna problemática a aprendizagem da ciência (Pozo, 1996).

Ainda no campo das experiências educativas, constata-se uma lista extensa de sugestões metodológicas que apontam, sobretudo, para a realização de experiências praticamente em todos os subtemas de Acústica. Estas actividades poderão ser realizadas pelos professores ou pelos alunos e, além disso, dentro ou fora da sala de aula. Por exemplo, uma dessas experiências é a que envolve a medição de níveis sonoros, em diversas zonas da escola, utilizando, para o efeito, um sonómetro. Seguimos esta sugestão na planificação da unidade do som aplicada ao trabalho empírico da presente investigação.

No 3º Ciclo, as experiências propostas sobre o tema som têm explícitos os respectivos objectivos específicos e, também, na maior parte delas, é indicado quem as deve realizar na aula.

Outras sugestões metodológicas apontadas nas experiências educativas sobre o som têm a ver com:

- a realização de uma pesquisa pelos alunos sobre “os instrumentos musicais usados em diferentes regiões do País e ao longo dos séculos, reconhecendo a

*influência da tecnologia*” (Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico da área disciplinar Ciências Físicas e Naturais, 2001, p. 22), ainda que não sejam dadas linhas de orientação para a mesma;

- a colaboração de um médico quando, em sala de aula, se “discute os problemas de audição que surgem quando há exposição a fontes sonoras com intensidade elevada” (idem, p. 23).

Quanto à dimensão CTSA, estranha-se o facto de esta, na abordagem desta temática do som, não surgir de modo explícito, mas antes de uma forma indirecta, através de expressões como: “discutir os problemas de audição que surgem quando há exposição a fontes sonoras com intensidade elevada” (idem, p. 23). Além disso, não se constata uma possível abertura para abordagens centradas na definição de problemas de interesse social e local, o que constitui um dos princípios preconizados pela abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Nesta parte programática correspondente ao som, não é feita qualquer referência à utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação, nem o uso de qualquer programa informático, no sentido de exploração de conceitos. Hoje em dia, os computadores constituem instrumentos propiciadores à criação de ambientes estimuladores, nomeadamente nas aulas de ciências, conforme advogam numerosos investigadores, entre eles, Fiolhais e Trindade (s/d), Morgado (1996), Praia (1998), Miguéns (1998), Good e Berger (2000), Fiolhais e Trindade (2000), Pedrajas (2005b), Souza (2005), cujas ideias abordaremos mais adiante.

A utilização dos computadores torna-se particularmente relevante na abordagem de conteúdos tais como por exemplo, ondas e as propriedades do som, onde os alunos revelam grandes dificuldades de aprendizagem. As vantagens do uso das TICs irão ser desenvolvidas posteriormente nesta investigação.

No programa analisado do 3º Ciclo do Ensino Básico, o estudo das ondas é proposto de uma forma vaga, dependendo a sua exploração da visão que o professor tem sobre o ensino das ciências. As referências aí dadas são muito gerais, não se especificando, por exemplo,

quem realiza a actividade experimental, conforme se verifica em sugestões tais como: “para estudar as características das ondas (comprimento de onda, amplitude, frequência, período e velocidade das ondas) utilizar uma corda ou a tina de ondas”, ou “usar uma mola para distinguir ondas longitudinais de ondas transversais” (idem, pp. 23-24).

Partilhamos da opinião de Miguéns et al. (1996) quando afirmam que “muito professores de ciências continuam, ainda, a centrar o ensino na transmissão de informação científica (e que, por isso, centram a sua leitura do programa no tópico “conteúdos”)” (p. 97), daí que estes autores proponham que a secção onde são indicados os conteúdos, a formulação e a explicitação dos saberes, seja construída de modo a reflectir, também, outros aspectos importantes, como os formativos ligados ao ensino das ciências, que estão contemplados noutras secções do programa, particularmente na secção referente às “competências essenciais para a literacia científica a desenvolver durante o 3º Ciclo”. De outra forma “estaremos perante o que alguns autores apelidam de “perdas educativas” (Nyberg e Egan, 1981, citado em Miguéns et al., 1996, p. 97).

Em síntese, apresentamos no quadro 13 (da página seguinte) os saberes relacionados com o som previstos nos programas/orientações curriculares disciplinares do Ensino Básico, que estão actualmente em vigor. No mencionado quadro constata-se um maior número de subtemas do som no 3º Ciclo, assim como a abordagem de alguns conteúdos dos mesmos subtemas nos três níveis de ensino.

Embora a dimensão da perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente seja preconizada na introdução dos respectivos programas, como forma de “contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos” a sua concretização na exploração dos assuntos, particularmente neste do som, não é significativa.

Nos programas analisados detecta-se, sobretudo, a preocupação com a estruturação dos assuntos, nomeadamente no estudo do tema do som e alguma falta de especificação das metodologias a utilizar, principalmente no programa do Estudo do Meio no 1º Ciclo do Ensino

Básico. No 3º Ciclo essas especificações são apresentadas numa secção separada daquela onde são indicados os conhecimentos a aprender pelos estudantes sobre o som.

Quadro 13 - Conteúdos obrigatórios da temática do som presentes nas Orientações Curriculares disciplinares do Ensino Básico.

| Temática do som                                                                                                                                                                                         | 1º Ciclo           | 2º Ciclo    | 3º Ciclo            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|---------------------|
| Produção do som<br>✍ Fontes sonoras<br>✍ Instrumentos musicais                                                                                                                                          | x<br>x             | x<br>x      | x<br>x              |
| Propagação do som<br>✍ Transmissão do som<br>✍ Mecanismo da propagação em diferentes meios<br>✍ Ausência da propagação no vácuo<br>✍ Valor da velocidade de propagação do som<br>✍ Representação do som | x<br><br><br><br>x |             | <br><br>x<br>x<br>x |
| Fenómenos Sonoros<br>✍ Reflexão<br>✍ Refracção                                                                                                                                                          |                    |             | <br>x<br>x          |
| Propriedades do som<br>✍ Intensidade<br>✍ Altura<br>✍ Timbre<br>✍ Duração                                                                                                                               | x<br>x<br>x<br>x   | x<br>x<br>x | x<br>x<br>x         |
| Audição de sons<br>✍ Ouvido humano<br>✍ Níveis sonoros<br>✍ Espectro sonoro<br>✍ Escala decibel                                                                                                         | x                  | x           | x<br>x<br>x<br>x    |
| ✍ <b>Poluição sonora</b>                                                                                                                                                                                | x                  |             | x                   |
| ✍ <b>Aplicações do som</b>                                                                                                                                                                              |                    |             | x                   |
| ✍ <b>Ondas</b>                                                                                                                                                                                          |                    |             | x                   |

#### 5.1.2.4. O som no programa do Ensino Secundário

No Ensino Secundário o estudo do som é retomado quer na disciplina de Física e Química A, dos cursos Científico-Humanísticos (Ciências e Tecnologias e Artes Visuais), quer na disciplina de Física e Química B, dos cursos Tecnológicos do 11º Ano.

Os estudantes, quer prossigam os estudos quer abandonem a aprendizagem das ciências no final do Ensino Secundário, devem obter conhecimentos de ciência, em particular de Física, que lhes permitam compreender assuntos em que esta desempenha um papel



importante (Programa de Física e Química A, 2005). No texto correspondente à visão geral deste programa, está implícita a abordagem CTS, ainda que de forma indirecta, conforme se deduz das seguintes palavras:

a componente de Física dos 10º e 11º anos pretende ser um instrumento com que os alunos possam alcançar um modo de interpretação do mundo que os rodeia e de compreender como esse conhecimento foi sendo conseguido (...) A vida nos países desenvolvidos sofreu, no último século, uma enorme mudança devida a aplicações de muitas descobertas da Física. É o caso da rádio e da televisão, dos computadores e da Internet, dos raios X, do LASER e de outros exemplos bem conhecidos que influenciam, acompanham e muitas vezes determinam a vida actual. (idem, p. 2)

Assim, o programa de Física e Química A e o programa de Física e Química B, do 11º ano de escolaridade (2005), contêm, na componente de Física, um módulo intitulado “Comunicação de informação a curtas distâncias”. Neste módulo, os alunos estudam, entre outras rubricas, o som.

Ambos os programas alertam para o facto de ser essencial que os alunos possuam pré-requisitos referentes a conhecimentos identificados nas Orientações Curriculares do programa da área de Ciências Físicas e Naturais do 3º Ciclo do Ensino Básico, que constituirão o suporte do aprofundamento que se pretende atingir neste nível de escolaridade. Os referidos pré-requisitos são: produção e recepção do som; propagação do som em diversos meios; velocidade em cada meio e propriedades do som (altura, intensidade e timbre).

Estes conteúdos são, assim, novamente explorados no 11º ano, mas agora a um maior nível de desenvolvimento. Além disso, outros conteúdos são introduzidos no respectivo programa.

Sendo assim, os subtemas previstos neste nível de ensino são: a produção e propagação de um sinal sonoro; o som como onda mecânica; a propagação de um som harmónico; o espectro sonoro e os sons harmónicos e complexos.

Na exploração desta temática, o programa indica o número de aulas a utilizar pelo docente, inclusive o número de actividades laboratoriais a realizar em sala de aula. Em cada actividade experimental é apresentada a “questão-problema” a explorar e o papel que os

alunos desempenham na realização dessa actividade. São indicados, ainda, os objectos de ensino (conteúdos), os objectivos de aprendizagem, as competências a desenvolver pelos estudantes, o material e equipamento necessário à realização da mesma e, por fim, sugestões para avaliação da respectiva actividade.

Em relação ao evidenciado nos programas do Ensino Básico, a metodologia a utilizar na exploração dos conceitos, particularmente no trabalho experimental, surge, no Ensino Secundário, com orientações mais precisas.

Para além da reflexão efectuada aos programas referidos anteriormente, procurámos analisar as semelhanças e as diferenças existentes entre eles e os respectivos programas antigos. Essa análise encontra-se no anexo I (pp. 919-922).

A selecção do nível de ensino a estudar na presente investigação, o 3º Ciclo do Ensino Básico, foi feita a pensar, não apenas nos alunos que continuarão os seus estudos, mas também naqueles que, após o 9º ano, irão ingressar na vida activa. Entendemos, portanto, ser imprescindível dotá-los de conhecimentos básicos acerca do som, os quais lhes poderão ser úteis não apenas como cidadãos que se pretendem literados cientificamente, mas também necessários para a sua vida activa. Além disso, é durante a adolescência que ocorrem as principais transformações psicológicas e fisiológicas que alteram a qualidade dos processos cognitivos e emocionais (Tavares e Alarcão, 1992; Sprinthall e Collins, 1994), tal como é neste período que a promoção do desenvolvimento moral é mais eficaz (Kolberg, 1984).

Ainda acerca deste período de escolarização, a que corresponde o Ensino Básico, partilhamos a ideia de Harlen (1985, citado em Miguéns et al., 1996), que, ao analisar a educação científica no Ensino Básico, considera que se trata de uma etapa muito importante, na medida em que os estudantes adquirem diversas capacidades manipulativas, atitudes e conceitos básicos de ciência.

Dentro do 3º Ciclo, optou-se pelo 8º ano de escolaridade, uma vez que é nesse ano que na escola onde decorreu o trabalho empírico, o som é leccionado, na disciplina de Ciências Físico-Químicas. De um modo geral, os alunos deste nível de ensino apresentam grandes dificuldades de aprendizagem nesta temática.

Não se abordou o som no 1º Ciclo do Ensino Básico porque se pretendia investigar o tema na disciplina de Ciências Físico-Químicas, disciplina que a investigadora lecciona na sua vida profissional. Também não se optou por fazer a investigação no Ensino Secundário porque nem todos os alunos têm no seu currículo a disciplina de Físico-Químicas e, portanto, não tiveram contacto com o tema. Além disso, estes alunos estão fora da escolaridade obrigatória.

As condições de acesso ao trabalho de campo também contribuíram para a opção pelo 3º Ciclo do Ensino Básico. Foi neste nível de ensino que a investigadora encontrou maior receptividade por parte dos professores para a implementação do mesmo.

## 5.2 As concepções alternativas dos alunos acerca da temática do som

Tal como referimos no capítulo anterior, desde os primeiros dias de vida que as crianças desenvolvem ideias acerca do mundo que as rodeiam. Elas têm experiências sobre diversas situações do dia-a-dia, por exemplo, quando deixam cair os objectos ou quando os empurram. Essas experiências contribuem para a construção de ideias. Muitas das concepções que os alunos desenvolvem, em relação aos fenómenos naturais, vêm, particularmente, das suas experiências sensoriais (Driver et al., 1994a, Driver et al., 1994b).

As concepções que os estudantes têm sobre o tema do som foram objecto de análise em diversos estudos, dos quais salientamos os realizados pelos investigadores indicados no quadro 14.

Quadro 14 – Estudos efectuados sobre o som.

| Nível de ensino                                               | Ensino Básico                    | Ensino Secundário | Ensino Superior |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|
| Investigadores                                                |                                  |                   |                 |
| Linder e Erickson (1989)                                      |                                  |                   | ✓               |
| Watt e Russel (1990)                                          | ✓                                |                   |                 |
| Caldeira et al. (1991)                                        | ✓                                | ✓                 |                 |
| Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b) | ✓                                | ✓                 |                 |
| Boyes e Stanisstreet (1991)                                   | ✓                                | ✓                 |                 |
| Linder (1992)                                                 |                                  | ✓                 |                 |
| Linder (1993)                                                 |                                  |                   | ✓               |
| Maurines (1993)                                               |                                  | ✓                 |                 |
| Portela (1994)                                                | ✓                                | ✓                 |                 |
| Mueller et al. (1994)                                         | ✓                                |                   |                 |
| Santos (1996)                                                 | ✓                                | ✓                 |                 |
| Viennot (1996, citado por Perales-Palacio, 2003)              | não especifica o nível de ensino |                   |                 |
| Perales-Palacio (1997)                                        | ✓                                | ✓                 | ✓               |
| Leite e Afonso (1998)                                         | ✓                                |                   | ✓               |
| Merino (1998a,b)                                              | não especifica o nível de ensino |                   |                 |
| Afonso (1999)                                                 | ✓                                |                   |                 |
| Saura e Pró-Bueno (1999)                                      |                                  | ✓                 |                 |
| Perales-Palacio (2003)                                        |                                  | ✓                 |                 |
| Román et al. (2003)                                           |                                  | ✓                 |                 |
| Saura (2003)                                                  |                                  | ✓                 |                 |

Embora as amostras dos diferentes estudos sejam diferentes, nomeadamente na nacionalidade, no nível etário e formação escolar no tema em questão, é possível evidenciar um conjunto de traços comuns.

As concepções alternativas dos alunos foram agrupadas segundo seis subtemas da Acústica: a produção e a propagação do som; os fenómenos sonoros; as propriedades do som; a audição de sons e a poluição sonora.

### 5.2.1. Produção do som

Os autores Driver et al. (1994b) constataram que a maior parte das crianças explicam a produção do som baseando-se nas características do material que o produz. Assim, elas sugerem que o som é produzido porque o objecto é feito de borracha, ou porque é grosso, ou porque está esticado ou, ainda, porque é duro. Estas ideias já tinham sido encontradas, alguns anos atrás, pelos investigadores Watt e Russell (1990) e Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b).

Ao trabalharem com crianças do ensino primário, com idades compreendidas entre os 7 e os 10 anos, Watt e Russell (1990) verificaram que as mais novas associavam a produção do som às suas próprias acções. Esta concepção alternativa seria de esperar, uma vez que para as crianças, o poder de observação é determinante na explicação dos fenómenos. Por exemplo, o instrumento toca porque houve intervenção da acção humana. Nas crianças mais novas, os termos som e vibração não surgem intuitivamente ligados, contudo esta associação começa a aparecer à medida que as experiências se vão desenvolvendo. Então, algumas crianças sugerem que o som e a vibração são o mesmo. Embora exista uma certa evolução na concepção alternativa, quando a criança relaciona vibração com som, continua no entanto, incorrecta. Uma resposta cientificamente aceitável seria afirmar que o som é um movimento ondulatório que consiste na propagação de vibrações, num meio, de uma fonte até um receptor.

Watt e Russell (1990) solicitaram às crianças que tentassem explicar como é que o som é produzido num tambor, e em que local do instrumento o mesmo é criado. As respostas obtidas levaram à formulação de três grupos principais: as que envolviam os atributos físicos do objecto; as relacionadas com a força utilizada na produção do som e, em menor escala, as que se referiam às vibrações envolvidas no fenómeno. Em relação ao local do tambor onde o som é produzido, as crianças mais novas afirmaram que é dentro do instrumento musical, enquanto as mais velhas consideram que o som é produzido na superfície do tambor. Porém, algumas explicações implicavam que o som se produz em ambos os locais. Nenhuma das crianças chegou a identificar correctamente o princípio de funcionamento de um instrumento de percussão. No caso concreto, quando se bate com os dedos na membrana de um tambor é esta que vibra e emite um som.

Num estudo que envolveu 260 crianças inglesas entre os 4 e os 16 anos, Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b) investigaram, entre outros aspectos, o modo como estas explicavam a produção do som em quatro contextos distintos: puxar a corda de uma viola, bater num címbalo, tocar um brinquedo em forma de corneta e bater duas pedras

uma na outra. Os resultados obtidos levaram estes investigadores a sugerir que, de um modo geral, as crianças não têm uma teoria para a produção do som, uma vez que utilizam explicações que estão relacionadas directamente com o contexto em causa, o que seria de esperar.

Assim, estes investigadores constataram que em contextos nos quais a vibração da fonte é perceptível, como no caso da viola e do címbalo, elas associam intuitivamente o som a uma vibração, principalmente as crianças mais velhas, sem contudo explicitarem de um modo preciso o significado do termo vibração. As crianças descrevem-na frequentemente como um movimento de mãos ou como um oscilar, balançar (“wobble”). Nestes dois casos, só um número reduzido de crianças descreve a transferência das vibrações do fio ao ar circundante.

À medida que a idade é maior verifica-se um aumento das respostas que incidem na vibração da fonte (fio da viola), ao mesmo tempo que se constata uma diminuição nas ideias referentes à acção pessoal e características da fonte, como, por exemplo, o fio estar mais ou menos esticado. No caso do címbalo, 40% das crianças associaram o som à vibração.

Em situações nas quais a vibração não era tão evidente, como a corneta ou as pedras, as crianças mais velhas utilizaram diferentes explicações para a produção do som. No caso da corneta, as crianças mais novas associaram a produção do som à acção pessoal e as mais velhas ao movimento do ar à volta da corneta. Verificaram-se poucas referências à vibração da fonte e ainda menos à vibração no ar. No caso das pedras, as crianças construíram as suas respostas em termos de características físicas da fonte, como a dureza, ou na sua acção pessoal, traduzida por respostas do tipo bati com as duas pedras uma na outra. Não se registou nenhuma explicação baseada no envolvimento do ar ou de vibrações. Mais uma vez, para as crianças, o visível é que conta.

Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b) propõem que os alunos explorem a produção do som partindo de contextos nos quais a vibração da fonte seja óbvia. Só posteriormente deverão passar para contextos em que a vibração não seja tão evidente. Deste modo, este tipo de abordagem poderá, segundo os investigadores, contribuir para que os alunos desenvolvam uma teoria geral para a produção do som. Os autores sugerem ainda

que os estudantes construam um instrumento musical e o examinem de forma a inferir acerca do ente que vibra.

Os resultados encontrados por Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b) foram semelhantes aos obtidos nos estudos realizados por Portela (1994) e Santos (1996) com alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, e também aos recolhidos na investigação de Afonso (1999), com alunos do 8º ano de escolaridade. Em todas estas pesquisas, os autores verificaram que os inquiridos, ao associarem o som a uma vibração, restringem esta última, na maior parte dos casos, à vibração do objecto que produz o som.

A origem do som também é atribuída ao choque entre objectos, por exemplo, quando se dá com um martelo num diapasão. Neste caso, os estudantes identificam dois sons: um devido à pancada do martelo sobre o diapasão e um outro devido à vibração do diapasão (Portela, 1994). Nesta experiência os alunos não conseguiram identificar que a origem do som estava na vibração das hastes do diapasão.

No caso da utilização de instrumentos musicais para produzir som, as explicações dadas pelos discentes dependem do tipo de instrumento utilizado e das respectivas características, tais como, o material de que é feito ou, então, a sua estrutura (existência de uma cavidade oca). Por exemplo, no contexto do instrumento de sopro - a corneta, os alunos afirmam que o som é gerado pelo movimento de ar no seu interior (Afonso, 1999). Também Portela (1994) já tinha anteriormente constatado que os alunos têm a ideia de que o som num instrumento de sopro surge simplesmente como um efeito da passagem do ar nesse instrumento, sem envolver quaisquer vibrações.

Perales-Palacios (1997, 2003), num estudo realizado com 140 alunos de nacionalidade espanhola, provenientes de quatro amostras, cada uma com a média de idades de 12,64; 15,45; 17,61 e 21,49 anos, investigou, entre outros aspectos, aquilo que os sujeitos

entendiam ser o som. Ele constatou que os alunos mais novos tendem a associar o som a um ruído, enquanto os alunos mais velhos utilizam um glossário de adjetivos, relativos à sua qualidade, para o descrever. Porém, de um modo geral, sem qualquer idade específica, um elevado número de sujeitos utilizam a palavra música para descrever o som.

Caldeira et al. (1991) apresentaram, num estudo por eles efectuado, uma perspectiva histórica e evolutiva acerca do conceito de som, assim como as ideias prévias que 180 alunos dos Ensinos Básico e Secundário tinham relativas ao tema do som. Os investigadores constatarem possíveis paralelismos entre estes dois aspectos. Nesta pesquisa, os estudantes foram submetidos a um questionário constituído particularmente por questões abertas e interpretação de esquemas, por exemplo, sobre o modo como se produz o som e como se percebe. As respostas dadas pelos estudantes sobre a produção do som foram, na perspectiva de Caldeira et al. (1991, p. 29), inconclusivas, uma vez que estas eram “fragmentadas”.

### 5.2.2 Natureza/Propagação do som

Linder e Erickson (1989) estudaram a conceptualização do som em dez alunos canadianos pertencentes a diferentes Universidades do Canadá, aplicando o método fenomenográfico de Marton. Os autores consideram importante que os professores de ciências de todos os níveis obtenham uma compreensão de como os alunos conceptualizam aquilo que se lhes está ensinando.

O método de Marton consiste em que os alunos tenham formação numa temática e depois descrevam os fenómenos que aprenderam. Neste caso concreto, a pesquisa envolveu uma formação no som e nas ondas e os professores analisaram depois as concepções dos alunos acerca do assunto.

Os resultados obtidos levaram os autores a considerar duas perspectivas explicativas sobre a propagação do som: a perspectiva microscópica e a perspectiva macroscópica. A



distinção entre elas tem a ver com o facto de as explicações dos alunos assentarem na acção das moléculas ou residirem nas propriedades do meio, como a pressão e a temperatura.

Dentro da perspectiva microscópica, alguns alunos consideraram que a propagação do som é interpretada como sendo um processo de transporte de entidades sonoras, realizado por moléculas individuais, desde a fonte sonora até ao ouvido. Sobre esta ideia, Linder e Erickson (1989) afirmam que

esta conceptualização do som invocou um mecanismo para a propagação do som que consistia em “objectos” minúsculos e discretos responsáveis por aquilo que ouvimos. Estas “entidades sonoras” eram transportadas, através do meio, desde alguma fonte até aos nossos ouvidos pelas moléculas individuais. (p. 494)

Assim, a propagação do som é acompanhada por um transporte directo de matéria (partículas) de um ponto para outro do meio. Estes alunos, mesmo após a formação sobre este assunto, mantinham a concepção alternativa de que durante a propagação do som existe transporte de matéria.

Dentro da perspectiva macroscópica, identificada no referido estudo, o som aparece descrito como uma substância com acção própria, surgindo neste caso dois pontos de vista: o da conceptualização do ar em movimento e o da conceptualização do padrão em movimento.

Na primeira conceptualização, a propagação do som envolveria um movimento de ar, uma espécie de vento, associado a uma espécie de “força” intrínseca ou “ímpeto”. Este ímpeto manteria o objecto em movimento. Sem movimento, não existiria o som. Ao completo repouso corresponderá o silêncio total.

Linder e Erickson (1989) descrevem este fenómeno utilizando as seguintes palavras:

nesta conceptualização o som era visto como uma substância que fluía na forma de um elemento volúmico limitado de ar em movimento. Inerente a este fluxo de ar estava um movimento do som como uma força em movimento ou um tipo de abstracção de “força” em movimento; o som tinha “ímpeto”. (Linder e Erickson, 1989, pp. 496-497)

Curiosamente, esta ideia está associada à descrição de Aristóteles sobre o som.

Uma ideia semelhante foi encontrada por Maurines (1993), num estudo realizado com alunos franceses de 16 anos (com e sem ensino formal no assunto), sobre a propagação de uma onda mecânica numa corda. Nesse trabalho, esta pesquisadora descobriu que o som é

descrito pelos alunos como uma amálgama de energia, força, amplitude e intensidade, que a fonte comunica ao meio de propagação (corda).

Os referidos investigadores Linder e Erickson (1989) descrevem os dois tipos de fluência de ar apresentados pelos alunos. Por um lado, o som surge como “uma espécie de vento”, (idem, p. 497), não estando expresso de uma forma clara a distinção entre o som e o vento. Por outro, o som é considerado uma substância que empurra largos segmentos de ar à sua frente, como uma espécie de vento. Também Santos (1996), Leite e Afonso (1998) e Afonso (1999) identificaram uma concepção semelhante, na qual o som é tido como “algo” que se “espalha/expande” a partir da fonte.

Segundo Santos (1996), a maior parte dos estudantes, sobretudo os do Ensino Básico, tem a concepção de “que o som resulta de uma corrente de ar que se origina com o movimento da fonte sonora” (p. 96), enquanto para outros, o som, para se expandir, pode atravessar os espaços vazios ou, então, empurrar o ar à sua frente (Afonso, 1999).

Portela (1994), no seu estudo, constata que alguns alunos “consideram que na origem da propagação através do espaço está uma força. (...) Essa força empurraria o som e/ou as ondas sonoras desde a fonte até ao nosso ouvido” (p. 108). Ainda nesta investigação, foi referido que “outros alunos consideram que a propagação do som ocorre através dos choques das moléculas” (p. 108). Estas chocariam consecutivamente, umas nas outras, desde a fonte sonora até ao ouvido. A este modelo o autor chamou modelo de dominó. O modelo do dominó também foi identificado na investigação de Afonso (1999), na qual alguns estudantes afirmaram mesmo que “o som é transferido pelo choque entre partículas de um modo análogo à queda das peças de um dominó” (p. 78).

Na investigação realizada por Portela (1994), outros educandos consideraram que a propagação do som envolve o movimento do ar ou das diferentes “partículas” do ar, não referindo, porém, quaisquer choques. O movimento é que possibilita a propagação do som e/ou das ondas sonoras. Neste caso, os discentes consideraram o ar como transportador do som. A esta concepção, Portela (1994) chamou modelo de transporte. Tanto neste modelo

como no modelo do dominó, a ideia de propagação do som não surge associada à propagação de vibrações. Esta ideia, contudo, foi encontrada na maior parte dos alunos, especialmente do Ensino Básico.

Na conceptualização do padrão em movimento, identificada por Linder e Erickson (1989), existe uma interligação entre a terminologia física, aprendida pelo ensino formal, e o conhecimento prévio do aluno. Nesta situação a substância do som é descrita como uma “perturbação” que se propaga no meio, sendo o ar o meio privilegiado: “esta perturbação em movimento era catalogada diversificadamente como um meio em vibração, uma densidade em movimento, uma compressão em movimento, uma variação de pressão, um padrão a propagar-se e uma perturbação a propagar-se” (idem, pp. 497-498).

Mesmo neste caso, onde são introduzidos termos do ensino formal, o que é evidenciado na concepção de som não é a natureza ondulatória deste, mas a perturbação. Por outro lado, outra ideia saliente neste estudo é a não associação do som a ondas, chegando mesmo alguns alunos a afirmarem que é “engano pensar que o som é uma onda”. Outra dificuldade sentida é os alunos não compreenderem que não é o meio que viaja mas a onda. Do ponto de vista científico, as ondas caracterizam-se por a perturbação criada se propagar a longas distâncias. No entanto, a perturbação no meio é local, isto é, embora se propague a longas distâncias não provoca alterações globais do meio (Deus et al., 2000).

Caldeira et al. (1991), Linder (1992), Santos (1996), Perales-Palacios (1997), Afonso (1999), Saura e Pró-Bueno (1999) constataram que alguns alunos utilizavam o conceito de onda para explicar a propagação de som, sem, contudo, lhe atribuírem significado físico. A palavra onda aparece descrita, quer como a propagação de círculos cada vez maiores, onde está explícita a analogia com os “círculos de água no tanque” (Caldeira et al. 1991, p. 30), quer como sendo o resultado da colisão entre partículas segundo um percurso sinusoidal (Linder, 1992). Encontram-se ainda respostas em que a onda é identificada com o “movimento vibratório da fonte sonora” (Saura e Pró-Bueno, 1999), sobretudo em alunos do

*Básico* (Santos, 1996; p. 99), ou como o “trajecto descrito pelo som (sobretudo no grupo do secundário)” (Santos, 1996, p. 99) a que alguns estudantes “atribuem uma trajectória ondulada” (idem, p. 100).

É ainda de referir que alguns alunos, tendo recebido o ensino formal, classificaram, incorrectamente, as ondas como sendo transversais, centrando as suas respostas quase exclusivamente no som, não tendo uma visão global e integrada do que é uma onda (Saura e Pró-Bueno, 1999).

Em relação às grandezas características das ondas, a frequência é a mais referida (Saura e Pró-Bueno, 1999; Linder 1992). Seguem-se o comprimento de onda e, em menor grau, a amplitude (Saura e Pró-Bueno, 1999).

Os mesmos investigadores detectaram ainda um resultado em que cerca de 42% dos estudantes tinham a concepção correcta de que no movimento ondulatório estava implícito um transporte de energia, enquanto que 30% dos estudantes julgavam, incorrectamente, que nesse movimento existe transporte de matéria. Finalmente, 28% dos discentes consideraram que nesse movimento não existe nem transporte de energia nem transporte de matéria.

Já numa pesquisa posterior, sobre as ondas mecânicas, efectuada pelo investigador Pró-Bueno (2003) com alunos do Ensino Secundário, foi constatado, por exemplo, que estes manifestaram dificuldades em diferenciar ondas transversais das ondas longitudinais, assim como em distinguir perturbação de propagação (e entre direcção de perturbação e direcção de propagação). Estes aspectos foram, igualmente, evidenciados por Portela (1994).

### 5.2.3 Papel do meio na propagação

A maior parte dos alunos têm a concepção alternativa de que o meio tem um papel desnecessário para a propagação do som e inferem que este se propaga no vazio (Maurines, 1993; Portela, 1994; Viennot, 1996, citado por Perales-Palacio, 2003; Santos, 1996; Leite e Afonso, 1998; Saura e Pró-Bueno, 1999; Afonso, 1999). Outros alunos consideram que o

*meio é indispensável à propagação do som por delimitar o espaço por onde o som se propaga* (Afonso, 1999).

Os estudantes consideram o ar não apenas o meio indispensável para a propagação do som, como ainda o melhor meio onde ele se pode propagar (Linder e Erickson, 1989; Caldeira et al., 1991; Portela, 1994; Perales-Palacio, 1997 e Afonso, 1999). Para além das concepções alternativas anteriores, também foi referida pelos alunos uma outra: o oxigénio é o meio privilegiado para a propagação do som (Afonso, 1999). Talvez esta referência ao meio oxigénio tenha a ver com o facto de este estar associado à sobrevivência do Homem.

Caldeira et al. (1991) identificaram um paralelismo entre o facto de os alunos considerarem que o ar é o meio privilegiado para a produção e propagação do som e alguns episódios históricos referentes a este assunto. Por exemplo, Renault, no século XVIII, defendia a ideia de que o som se propagava na água devido ao ar que estava aprisionado nos seus interstícios. Este ar conduzia o som até às orelhas do mergulhador. Cerca de vinte anos mais tarde, Nollet, insatisfeito com esta conclusão, realizou experiências onde procurou contestar esta ideia. Para o efeito, tentou purgar toda a água do ar nela contido com o objectivo de provar que mesmo nessa situação o som era transmitido (in Caldeira et al., 1991).

A referência ao meio ar, necessário à propagação, pode estar directamente relacionada com o facto deste ser o meio que, na maior parte das vezes, está entre o sujeito e a fonte sonora é.

Após o ensino formal, poucos estudantes têm a concepção aceite do ponto de vista científico de que o som não se pode propagar no vazio uma vez que aí não existe um meio material que possa vibrar para permitir a sua propagação (Santos, 1996; Viennot, 1996, citado por Perales-Palacio, 2003; Perales-Palacio, 1997; Saura e Pró-Bueno, 1999).

Outra substância que, por vezes, é associada à propagação do som é o dióxido de carbono. Para alguns estudantes, este meio não permite que o som se propague (Leite e Afonso, 1998), enquanto que, para outros, o som propaga-se, pelo facto do dióxido de carbono ser um dos constituintes do ar (Afonso, 1999).

Em relação ao pensamento dos alunos sobre a possibilidade do som se propagar nos sólidos, estes referem que a situação pode acontecer, porém, não a conseguem explicar (Linder e Erickson, 1989; Perales-Palacio, 1997). Recorrem para o efeito, muitas vezes, a explicações meramente descritivas, como, por exemplo, “o som propaga-se na terra ou nas vias-férreas” (Perales-Palacio, 1997, p. 240).

Os alunos que evidenciaram a concepção alternativa de que “o ar ou o oxigénio são meios privilegiados para a propagação do som” consideram que, nos sólidos, o som não se propaga (Afonso 1999). Outros alunos inquiridos neste estudo, admitiram a propagação do som nos sólidos, mas apenas nos sólidos metálicos, particularmente no ferro, uma vez que este é “bom condutor da electricidade e, se a electricidade passa, o som também passa” (idem, p. 102). Também no estudo realizado por Santos (1996), a propagação do som no ferro foi admitida pelos alunos, quando foram confrontados com uma situação conhecida: a da pessoa que encosta um ouvido a um carril de caminho de ferro para ouvir o som produzido ao dar-se uma martelada no carril. Porém, uma boa parte dos alunos do Ensino Básico, que reconhecem esta propagação, não a conseguem explicar do ponto de vista científico. Servem-se apenas de explicações meramente descritivas.

A elevada densidade de alguns meios, leva os alunos a afirmarem que, neles, o som não se propaga. Porém, pensam que em meios menos densos como, por exemplo, nos gases, nos líquidos e em alguns sólidos, em particular, na cortiça, o som se propaga. No caso do meio ser a cortiça, alguns alunos consideraram que o som se propaga com alguma facilidade, uma vez que esta é constituída por “poros”, enquanto que outros admitem a ausência total de propagação neste meio, à semelhança do que sucede no vazio (Afonso, 1999). Para outros discentes, os líquidos, como a água e o álcool, impedem a propagação do som, não se

deixando atravessar por ele ou abafando-o (Santos, 1996; Leite e Afonso, 1998; Afonso, 1999).

#### 5.2.4 Velocidade de propagação

Partilhamos da opinião de Portela (1994) quando este defende que o conhecimento que os alunos têm acerca da velocidade de propagação do som, assim como os factores que segundo eles podem influenciar essa velocidade, nos poderão elucidar sobre alguns aspectos das suas concepções sobre a natureza e propagação do som.

Assim, procurámos analisar o que diversos autores (Linder, 1993; Maurines, 1993; Portela, 1994; Santos, 1996; Perales-Palacio, 1997; Leite e Afonso, 1998; Saura e Pró-Bueno, 1999; Perales-Palacio, 2003; Viennot, 1996, citado por Perales-Palacio, 2003) afirmam acerca do assunto, de modo a reforçar, ou não, algumas das características encontradas, mas também encontrar outros aspectos do pensamento dos alunos acerca do som.

Maurines (1993) e Portela (1994) verificaram que a maior parte dos alunos considera que o som se propaga. Além disso, admitem que a velocidade do som no ar tem um valor finito e muito grande. Portela (1994) apurou que os estudantes colocam a hipótese de uma propagação instantânea do som, quando esta ocorre no vácuo. Segundo estes alunos, esta propagação instantânea não ocorreria no ar por causa da resistência que este exerce “devido ao atrito do ar”, o que atrasaria a propagação do som. Assim, no ar a velocidade do som seria menor do que no vácuo, onde seria muito elevada. Também, no estudo efectuado por Saura e Pró-Bueno (1999), os alunos afirmaram que a velocidade do som no vácuo é maior do que no ar, apresentando a justificação de que no vácuo não existe resistência à passagem do som.

O conhecimento pelos discentes do valor da velocidade do som no ar foi também investigado no estudo de Perales-Palacio (1997). Este autor averiguou que, maioritariamente, os alunos do Ensino Básico desconhecem esse valor. Contudo, alguns estudantes de níveis educativos superiores manifestaram o seu conhecimento. Quanto à comparação desse valor com o da velocidade da luz, Perales-Palacio (1997) chegou à conclusão que, para a maioria dos alunos, a velocidade de propagação do som é menor. Este resultado correspondeu a uma percentagem superior à obtida por Lucas (1988, citado por Perales-Palacio, 1997) nesta mesma questão.

Perales-Palacio (1997) verificou, ainda, que os discentes de nível etário mais baixo manifestaram algumas dificuldades em relacionar o valor da velocidade do som com o valor da velocidade da luz, traduzindo-se as suas respostas numa:

- considerável ausência do conhecimento acerca dessas velocidades;
- pressuposta simultaneidade do fenómeno luminoso, “o som demora mais tempo a percorrer o espaço”;
- *sequencialidade*, “o raio vê-se primeiro e depois chega o som”;
- *atribuição sensorial* “vê-se antes porque a vista é mais rápida que o ouvido” (Perales-Palacio, 1997, p. 239).

Embora os alunos revelassem desconhecimento do valor da velocidade do som e do valor da velocidade da luz, tinham, no entanto, a noção correcta de que a velocidade do som é menor do que a velocidade da luz. Para o efeito, recorreram aos factos observáveis num dia de trovada.

Relativamente ao facto de o valor da velocidade do som se manter ou não constante durante a sua propagação, Viennot (1996, citado por Perales-Palacio, 2003) constatou que 48% dos alunos da sua amostra deram respostas afirmativas, 32% responderam negativamente, devido ao “som se tornar cada vez mais fraco e por isso ir mais lentamente”, enquanto que 20% dos estudantes não se pronunciaram sobre o assunto (p. 13).



É aceite, do ponto de vista científico, como regra geral, que a velocidade de propagação do som é maior nos sólidos do que nos líquidos e maior nos líquidos do que nos gases (Deus et al., 2000). Porém, no estudo que realizou, Portela (1994) verificou a situação inversa. Segundo ele, alguns alunos consideram que a velocidade de propagação nos sólidos é menor do que nos líquidos e nos líquidos, por sua vez, é menor do que nos gases, justificando esta ideia com base na densidade do meio e/ou na força de atrito que este exerce sobre o som.

Para além destes factores condicionantes à velocidade de propagação do som (densidade e força de atrito), outros foram evidenciados pelos estudantes: o tamanho das moléculas, a distância que as moléculas transportadoras do som conseguem percorrer antes de chocarem com outras moléculas (separação molecular), a temperatura e a compressibilidade do meio (Linder, 1993; Maurines, 1993; Portela, 1994; Viennot, 1996, citado por Perales-Palacio, 2003; Santos, 1996; Leite e Afonso, 1998; Afonso, 1999 e Saura e Pró-Bueno, 1999).

Relativamente à densidade, os alunos consideram que, quanto maior esta for, menor será a velocidade de propagação, uma vez que aumenta o número de moléculas por unidade de volume. Este facto, segundo eles, causará maior obstrução à passagem do som (Maurines, 1993; Portela, 1994; Afonso, 1999). Aliada à densidade estaria a influência da força de atrito que o meio exerce sobre o som, causando dificuldade na sua propagação (Portela, 1994).

No que diz respeito ao tamanho das partículas que constituem o meio, os alunos afirmam que quanto maior for o tamanho menor será a velocidade de propagação do som. Eles justificam esta ideia pela maior oposição que as partículas oferecem à passagem do som. As concepções que foram mencionadas anteriormente pertencem aos alunos que consideram o som como sendo uma substância com ímpeto (Linder, 1993).

Já os alunos que admitem que o som é uma entidade transportada de molécula para molécula, consideram a respectiva velocidade dependente da separação existente entre as moléculas. Neste caso, e ao contrário da concepção anterior, os estudantes defendem que quanto maior for a densidade do meio, maior a velocidade de propagação. Os discentes justificam esta relação baseando-se na ideia de que, quanto menor for a distância entre as moléculas, menor será a distância que as partículas transportadoras do som têm de viajar até interagirem para o transmitir (Linder, 1993, Leite e Afonso, 1998).

Uma concepção contrária foi apresentada por Viennot (1996, citado por Perales-Palacio, 2003, p. 12) e Afonso (1999). Segundo estes pesquisadores, a maior parte dos alunos mencionaram que a velocidade de propagação diminui com o aumento da densidade/concentração das partículas no meio.

Relativamente ao factor temperatura, a resposta predominante dada pelos estudantes é a de que um aumento da temperatura do ar origina um aumento da velocidade de propagação do som. Para justificarem esta ideia, os alunos apresentam dois tipos de argumentos. Alguns consideram que a temperatura tem uma intervenção directa sobre a velocidade de propagação, enquanto outros consideram que essa influência é indirecta (Portela, 1994).

Segundo este autor, a influência directa traduz-se por um aumento da temperatura, que levará a um aumento da agitação corpuscular e, por isso, a velocidade de propagação do som deverá aumentar. Esse aumento ocorrerá devido ao maior número de choque das moléculas (modelo de dominó), ou então, à maior velocidade das moléculas (modelo de transporte) (idem).

O outro tipo de argumento considera que essa influência se deve unicamente à diminuição de densidade do ar que, obrigatoriamente, faz com que a temperatura aumente. Quando este facto ocorre, a velocidade de propagação também aumenta. Estes alunos associam a temperatura ao volume e, portanto, quanto maior for a temperatura, maior será o volume, o que implica uma diminuição da densidade do ar (idem).

Quanto ao factor compressibilidade do meio, referida na investigação de Linder (1993) como sendo influenciadora da propagação do som, alguns alunos universitários admitem a proporcionalidade directa entre a velocidade do som e a compressibilidade do meio. A pesquisadora acrescenta, ainda, que esta conceptualização dos alunos resulta da confusão que eles fazem entre elasticidade e compressibilidade do meio.

Sob o ponto de vista científico, a velocidade de propagação das ondas sonoras depende apenas das propriedades do meio: temperatura, densidade e elasticidade (Fischetti, 2003). Porém, para os alunos, nem sempre é assim, mesmo após o ensino formal da Acústica.

Segundo os investigadores Maurines (1993); Portela (1994); Santos (1996); Saura e Pró-Bueno (1999) e Afonso (1999) alguns estudantes estabeleceram uma relação entre a velocidade de propagação e a

- amplitude do som emitido: quanto maior a intensidade do som emitido, maior a sua velocidade de propagação;
- altura do som: alguns alunos relacionam-na com a intensidade.

Os alunos consideram que os sons de diferentes alturas têm diferentes intensidades e, como tal, são detectadas em instantes diferentes.

### 5.2.5 Fenómenos sonoros

Existem alguns estudos que descrevem as concepções dos alunos sobre os fenómenos sonoros, entre eles, destacamos os de Santos (1996), Perales-Palacio, (1997), Saura e Pró-Bueno (1999), Afonso (1999) e Perales-Palacio (2003).

Em relação ao eco, a maioria dos alunos evidencia a vivência pessoal do fenómeno e aponta como locais privilegiados as montanhas e os lugares grandes e vazios (Perales-Palacio, 1997), ou espaços “vazios” e “altos” (Afonso, 1999), enquanto que outros, após o ensino formal, identificam-no com a reflexão, embora as leis deste fenómeno não sejam mencionadas (Santos, 1996; Saura e Pró-Bueno, 1999). Outros, ainda, explicam-no como:

- o som que “embate”, faz “ricochete”, no obstáculo e volta para trás;
- o resultado do aprisionamento do som num espaço vazio;
- como consequência das características do local em que é produzido (Afonso, 1999).

Saura e Pró-Bueno (1999) verificaram ainda que, para alguns estudantes, o eco é identificado como um fenómeno de amortecimento do som, enquanto para outros é uma característica do som. Consta-se, no estudo de Santos (1996), que alguns alunos, quer do Ensino Básico quer do Ensino Secundário, ao descreverem o eco, recorrem a analogias mecânicas, tais como bolas a baterem numa parede ou bolas de bilhar a baterem numa tabela de mesa. Quanto às condições necessárias para que o eco ocorra, Perales-Palacio (1997) verifica que as respostas dadas pelos alunos não são frequentes e evoluem desde uma simples descrição do fenómeno, do tipo “as ondas do som chocam com diferentes obstáculos e este repete-se”, até a uma analogia mecânica, tal como “o som ressalta no obstáculo” (p. 241), entre os alunos mais velhos. Nestes últimos surgem argumentações mais científicas, tais como “as ondas têm de percorrer uma distância mínima até ao obstáculo para que se produza o eco” (p. 241), que são já fruto da leccionação dos docentes.

Quanto ao fenómeno da refacção, Santos (1996) e Afonso (1999) referiram que, para a grande maioria dos alunos, este fenómeno não lhes é familiar. Alguns estudantes pensam que o som não pode atravessar, passar a superfície de separação de dois meios diferentes, enquanto outros não consideram o papel das condições de fronteira no processo de refacção (Afonso, 1999).

Relativamente ao fenómeno da difracção, Santos (1996) constatou que este é atribuído, pela maioria dos alunos, à existência de um obstáculo que impede, dificulta ou oferece resistência à saída do som para o exterior, enquanto que, para outros, ele obriga o som a reflectir-se e voltar para trás. Estes estudantes, embora reconhecendo que as ondas sonoras se propagam para o exterior através de uma abertura, desconhecem no entanto em que

condições as ondas sonoras se difractam. Sob o ponto de vista científico, como regra, as ondas difractam-se sempre que encontram um obstáculo ou uma abertura da ordem do seu comprimento de onda (Deus et al., 2000, p. 82), o que permite que ouçamos com facilidade o som em locais em que este não pode chegar por propagação directa, reflexão ou refacção. Segundo a interpretação de Huygens, cada ponto na superfície de onda que atinge a abertura comporta-se como um centro emissor de novas ondas (esféricas), que se propagam para além da abertura, em todas as direcções (Deus et al., 2000).

Quanto ao estudo da interferência e da ressonância do som, Santos (1996) constatou que os alunos, só por si, não foram capazes de interpretar os fenómenos e chegar a interpretações plausíveis. Por exemplo, no caso da ressonância, os estudantes, em vez de o explicarem, aclararam aquilo que observavam. A autora não conseguiu identificar concepções alternativas sobre estes dois fenómenos.

#### 5.2.6 Propriedades do som e características das ondas

Alguns estudos identificam as concepções dos alunos sobre as propriedades do som, como, por exemplo, os de Santos (1996), Perales-Palacio (1997), Merino (1998), Afonso (1999) e Saura e Pró-Bueno (1999).

Santos (1996) constatou que a maioria dos alunos considera, erradamente, que a altura do som depende da amplitude das ondas sonoras. Em menor número, outros estudantes relacionam a altura do som com a frequência das ondas sonoras. Porém, uma boa parte admite que a altura do som depende da velocidade ou da energia das ondas sonoras.

Esta dificuldade de associar a altura do som com a frequência foi também encontrada pelos investigadores Perales-Palacio (1997) e por Mueller et al. (1994). Nos dois estudos, os autores analisaram as ideias dos alunos acerca da altura do som emitido quando se tocava em copos com diferentes quantidades de líquido. Na primeira investigação, a maioria

dos alunos respondeu que, quanto maior era a quantidade de líquido no recipiente mais grave era o som, enquanto outros estudantes justificaram a situação observável com o facto de que o meio varia em função da quantidade de líquido que o recipiente contém. Os resultados encontrados levam Perales-Palacio (1997) a afirmar que os alunos têm “uma limitada experiência sensorial no campo das propriedades acústicas de diferentes emissores sonoros que possuem uma massa vibrante variável (por exemplo, o diapasão, o xilofone)” (idem, p. 241).

No estudo de Mueller et al. (1994), realizado com crianças do ensino elementar, verificou-se que estas consideram que quanto mais água há num copo, em que se toca, mais vibrações viajam e mais baixo é o som.

Santos (1996) e Perales-Palacio (1997) verificaram que alguns alunos consideram a intensidade do som como dependente da velocidade ou da frequência das ondas. Esta última característica foi também detectada por Afonso (1999).

Santos (1996) atribui os resultados na sua investigação, sobre a interpretação da intensidade do som, como provenientes da dificuldade sensorial em identificar as propriedades do som, devido a uma má formação musical, ou então devido a uma falta de reconhecimento adequado da natureza do som. Além disso, também a linguagem usada no dia-a-dia poderá contribuir para a confusão entre altura e intensidade do som. Na verdade, ouvimos vulgarmente expressões do tipo “falem mais baixo”, “baixa o volume do rádio que o som está muito alto”. Na sua investigação, Santos (1996) constatou que a maioria dos estudantes não identifica um som baixo com um som grave, ou um som alto com um som agudo, mas, sim, um som mais baixo com um som menos intenso ou um som mais alto com um som mais intenso. Isto é fruto da confusão que têm sobre os conceitos altura e intensidade do som.

No estudo de Afonso (1999), alguns alunos admitem a relação entre as características da corda da viola (espessura e comprimento) e a intensidade do som produzido pela mesma.

Quanto maiores forem as dimensões da fonte sonora (corda mais comprida e/ou grossa) maior será, segundo os alunos, a intensidade do som. Outros estudantes mencionam a existência de uma relação entre a intensidade do som e a força aplicada para o produzir. A referida pesquisadora constatou, ainda, que os estudantes não atribuem à caixa de ressonância da viola qualquer influência na intensidade do som produzido pelo instrumento musical, mas associam-na com a altura do som emitido.

Santos (1996), na pesquisa que desenvolveu, não verificou grande diferença no número de alunos que encararam a intensidade do som dependente da velocidade, da amplitude, da energia ou, então, da frequência das ondas. Porém, no Ensino Básico, em particular no 8º ano de escolaridade, a grande maioria dos alunos considerou a intensidade do som dependente da energia das ondas sonoras, enquanto no Ensino Secundário a maior parte dos alunos admitiu a dependência dessa mesma grandeza da frequência das ondas sonoras.

Saura e Pró-Bueno (1999), no estudo que realizaram, verificaram que alguns discentes, quando questionados sobre quais seriam os factores de que depende a intensidade do som, responderam que esta depende das características da onda (45%), da densidade do meio (40%), da massa do corpo que vibra (27,5%), ou da temperatura (12,5%). Ainda neste estudo, era perguntado aos alunos em que se diferenciavam os sons produzidos em dois violinos iguais, no caso de se aplicar a mesma força em ambos e no mesmo sítio da corda. Seria na intensidade, na altura, no timbre, ou em nenhum aspecto? A maioria dos alunos disseram que não se diferenciavam, justificando com o facto de os violinos serem iguais e tocados da mesma maneira, logo produziram a mesma onda. Alguns alunos, embora não explicitassem o timbre, deram uma explicação que, implicitamente, dizia respeito ao timbre (característica que permite diferenciar dois sons que correspondem à mesma nota e mesma intensidade). Segundo os investigadores, os alunos desconhecem o conceito científico de timbre. Porém, em alguns casos, consideram que existe uma experiência prévia que se deve trabalhar didacticamente.

**Merino (1998)**, no artigo de investigação que escreveu sobre as características do som, alerta para o facto de os alunos não distinguirem intensidade do som de nível de intensidade sonora. Segundo o ponto de vista científico, o nível de intensidade sonora é uma característica objectiva, uma grandeza física definida como a energia média transportada pela onda por unidade de área e por unidade de tempo, através de uma superfície perpendicular à direcção de propagação da onda. É proporcional ao quadrado da amplitude da onda e diminui com o aumento da distância entre o emissor e o receptor. Já a intensidade detectada pelo ouvido - intensidade do som ou intensidade auditiva - depende, principalmente, da intensidade da onda sonora e, consequentemente, da amplitude e da energia da onda sonora. A expressão intensidade auditiva refere-se a uma sensação sentida pelo sujeito e, como tal, é um atributo subjectivo da onda sonora (Sears e Zemansky, 1963).

#### 5.2.6.1 Algumas considerações científicas a ter em conta no ensino das propriedades do som

As percepções que temos provêm dos sentidos, sendo o resultado de um complexo mecanismo ligado aos órgãos sensoriais, que, por sua vez, estão ligados às áreas cerebrais correspondentes. No caso específico do som, o sistema psicoacústico é constituído por dois pavilhões auriculares e pelo sistema neurocerebral auditivo. Este sistema é o resultado da lenta adaptação evolutiva a condições ambientais, sujeito às leis da evolução (Merino, 1998a).

Este autor acrescenta, ainda, que as propriedades do som, como a intensidade, a altura e o timbre, são sensoriais, subjectivas, influenciadas por factores como o bem-estar, a fadiga, a mente, etc. Tratá-las como grandezas físicas é um erro comum. Além disso, Merino (1998a) afirma que a sensação auditiva depende da frequência, da composição espectral, da duração do estímulo acústico, da amplitude, das circunstâncias ambientais, como, por exemplo, do ruído de fundo, das reflexões nas paredes, no soalho e no tecto, e da capacidade auditiva da



pessoa que escuta. Aspectos estes que, muitas vezes, são descurados quando se explora este assunto.

Um outro aspecto, inerente ao estudo das propriedades do som, é que o mesmo pode levar à adopção de ideias simplistas, como, por exemplo, associar apenas a intensidade do som à amplitude da onda, a altura do som à frequência da onda, ou o timbre à mera sobreposição de frequências múltiplas de um instrumento (Merino, 1998a, Merino, 1998b). Na verdade, nem a intensidade auditiva é inteiramente determinada pela intensidade da onda sonora (proporcional ao quadrado da amplitude), nem a altura é inteiramente determinada pela frequência.

Algumas experiências realizadas evidenciam que sons da mesma intensidade, mas de frequências diferentes, são percebidas com intensidades diferentes. Se pensarmos no limiar de audição, averigua-se que os sons de frequências muito baixas, para serem detectadas pelo ouvido, requerem intensidades maiores que os sons correspondentes à gama de frequências médias do espectro sonoro.

Também se verifica que grandes diferenças de intensidade produzem ligeiras variações na percepção da altura do som, mesmo que a frequência permaneça igual. Um som de alta frequência tende a ser detectado como mais agudo quando a intensidade é elevada e um som de baixa frequência origina uma resposta oposta (Hecht, 1994). Contudo, este efeito parece circunscrito aos sons puros, constituídos por um só tipo de ondas sinusoidais. No caso dos sons musicais, sons complexos, não se verifica que a intensidade dependa significativamente da altura (Pierce, 1984).

Apesar do carácter fisiológico das propriedades do som, no trabalho de campo desta investigação demos prioridade às relações fundamentais que estas têm com as características das ondas, nomeadamente altura-frequência e intensidade-amplitude. Este procedimento ocorreu, fundamentalmente, devido ao facto de se pretender que os alunos adquirissem os conhecimentos básicos previstos no programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas para o tema som.

#### 5.2.6.2 Grandezas associadas à equação das ondas

Saura e Pró-Bueno (1999), na investigação que realizaram, procuraram detectar, entre outros aspectos, as concepções dos alunos acerca da frequência e do comprimento de onda, a partir da situação “ouvir rádio”. Alguns estudantes consideraram que os conceitos de frequência e comprimento de onda têm o mesmo significado, enquanto que outros confundiram-nos com a velocidade de propagação e a amplitude da onda. Metade dos alunos (50%) identificaram a frequência com o canal que sintonizam na rádio, percentagem que, na opinião dos investigadores, ilustra o carácter extra-escolar de algumas das concepções adquiridas pelos alunos e que eles transportaram para a instituição escolar.

Saura (2003), na investigação que efectuou sobre as ondas mecânicas com alunos do secundário, também detectou a confusão destes relativamente aos conceitos de amplitude e de comprimento de onda, frequência e velocidade. Além disso, um outro aspecto deste estudo revelou as dificuldades dos aprendizes na relação matemática estabelecida entre a frequência e a velocidade de propagação da onda. Dificuldades essas que se deveram às limitações dos seus conhecimentos matemáticos e à necessidade de os terem de aplicar a conceitos novos.

Afonso (1999), no estudo que realizou, constatou que os alunos não conhecem o significado do comprimento de onda, o que, no dizer da investigadora, não será de estranhar, uma vez que esta grandeza, sendo um dos parâmetros que caracteriza a onda, apenas terá significado no contexto do movimento ondulatório e, conseqüentemente, apenas os alunos que desenvolvam um modelo ondulatório poderão compreender o seu significado físico. Nesta pesquisa, os alunos não foram, igualmente, capazes de relacionar o comprimento de onda com a frequência e a velocidade do som, utilizando a expressão matemática  $v = \lambda \cdot f$ . Nenhum aluno indicou a possibilidade de determinar o comprimento de onda do movimento ondulatório a partir da relação matemática anterior (idem). Também Linder (1992) averiguou

que alguns alunos evidenciam dificuldades em calcular o valor do comprimento de onda a partir da frequência.

#### 5.2.7 Audição de sons

As ideias dos alunos acerca da anatomia e fisiologia do ouvido são muito diferentes das cientificamente aceites, conforme se pode verificar em alguns estudos feitos sobre o assunto, nomeadamente os realizados por Watt e Russell (1990), Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b), Boyes e Stanisstreet (1991), Afonso (1999) e Saura e Pró Bueno (1999).

Em termos simplistas, e do ponto de vista científico, o ouvido humano é constituído por três secções: o ouvido externo, o médio e o interno. No ouvido externo, o pavilhão auricular tem como função conduzir as ondas sonoras para o canal auditivo. As ondas sonoras, propagando-se ao longo do canal auditivo, agem sobre uma membrana (o tímpano) que vibra quando as ondas sonoras incidem nela. Esta membrana encontra-se no extremo do canal auditivo, separando o ouvido externo do ouvido médio. Por detrás do tímpano encontra-se o ouvido médio, constituído por uma cavidade com ar na qual se encontram três ossos articulados entre si, a bigorna, o martelo e o estribo, que são postos a vibrar pelo tímpano. Estas vibrações são transmitidas para a cóclea ou caracol, estrutura do ouvido interno preenchida por líquido, na qual existe, entre outras componentes, as células receptoras – células ciliares. Estas células, uma vez activadas, enviam um impulso nervoso ao córtex cerebral, através do nervo coclear (nervo auditivo) (Sears e Zemansky, 1963). No cérebro, o sinal eléctrico é convertido em sensação auditiva – é o cérebro que faz o processamento do sinal sonoro. É ele que reconhece se, por exemplo, um som é fraco e que distingue um som grave de um som agudo. Se os sons não atingirem o cérebro, não se ouvem.

Nos estudos que realizaram sobre a recepção do som, Watt e Russell (1990) recolheram informações sobre dois processos distintos: a recepção do som pelo ouvido e o percurso do som após entrar no ouvido. Sobre o primeiro aspecto, os investigadores detectaram que, embora a ideia de recepção do som seja, frequentemente, associada ao ouvido, esta associação é mais comum nas crianças mais velhas. Apenas 1/3 das crianças mais pequenas associam o ouvido ao acto de ouvir, as restantes associam o facto de ouvirem a uma acção externa que produz som. Dão o exemplo do tambor que é percutido. Quanto ao trajecto do som, após ter entrado no ouvido, ele é explicado de diversas formas. Poucas crianças admitem a hipótese de, no interior do ouvido, existirem ossos que detectam o som. Outras, as mais velhas, falam em ondas sonoras, vibrações que chegam ao ouvido, que fazem vibrar o tímpano. Poucas crianças, e apenas as maiores, indicam a ligação entre o tímpano e o cérebro. Um número muito pequeno sugeriu que o cérebro traduz o sinal que recebe. Este processo, segundo as crianças, ocorre rapidamente.

Algumas das crianças com 11 anos (18%), cujas ideias foram estudadas por Watt e Russell (1990), referiram-se a um modelo de audição de “ouvido activo”, segundo o qual o factor mais importante na audição é que o ouvinte se concentre na fonte que emite o som. Esta ideia também foi detectada por Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b). Quando pediam às crianças que explicassem o facto de ouvirem um relógio fazendo tique-taque, algumas das suas respostas eram focalizadas no mecanismo do relógio: “ouvi o relógio porque está fazendo tique-taque”; outras incidiam na acção pessoal da criança que escutava: “ouvi o relógio porque estava escutando” (p. 45). Já os alunos mais velhos, com 16 anos, referiram a transmissão do som e a vibração do tímpano no ouvido como responsáveis pelo ouvir.

Na investigação conduzida por Afonso (1999), alguns estudantes consideraram que a audição ocorre quando algo que existe no ouvido “capta”, “absorve” o som. Já para outros, o som entra no ouvido sendo “captado”, “recolhido”, “absorvido”, no seu interior, por um

receptor (“nervo”; “tímpano”; “pelezinhas”; “ventosas”, “detector de sons”) que, depois de o interpretar o envia para o cérebro. Para outros, ainda, o som é conduzido do exterior até ao cérebro através de canais que existem no interior do ouvido. Para um destes alunos, o tímpano funciona como uma porta que leva o som desde o exterior do ouvido até ao cérebro. Estes alunos, apesar de nas suas respostas mencionarem a importância do cérebro, consideraram que o som não é convertido num impulso nervoso, propagando-se, simplesmente, do exterior até ao cérebro. Quanto ao pavilhão auricular, a maioria dos alunos não lhe reconhece qualquer função no mecanismo da audição. Porém, alguns identificam-lhe a função de permitir uma melhor captação de som, possibilitando, deste modo, que uma maior quantidade de som possa entrar no ouvido.

Boyes e Stanisstreet (1991) procuraram investigar se as crianças relacionavam a audição com o que pensavam sobre o som. Para o efeito, utilizaram como fonte sonora um rádio. A amostra era constituída maioritariamente por alunos com 15-16 anos (80%) e os restantes tinham 11-12 anos. A resposta “científica” de que o som viaja desde o rádio até ao ouvinte foi dada por cerca de 50% dos alunos com 11-12 anos e 80% dos mais velhos, 15-16 anos. Um grupo de respostas foi dado no sentido da existência de uma relação com o modelo de um ouvido semiactivo que estava em contacto com o “som que fluía” à sua volta. Sobre este modelo surgiram expressões do tipo o “ouvido recolhe o som”. Um outro modelo de resposta, o de “ouvido activo”, supunha que o ouvido procura a fonte sonora. Este modelo foi defendido apenas por um pequeno grupo de estudantes com 11 anos e por um aluno de 13 anos, que mencionou explicitamente que existe “um raio de audição” que vai em direcção ao rádio e depois regressa.

Em relação à recepção do som, Asoko, Leach e Scott (1991, citados por Driver et al., 1994b) propõem que o mecanismo da audição deva ser um contexto útil para desenvolver as ideias dos alunos sobre a vibração e a transmissão do som no ar. Por isso, propõem que, em vez de se usar um modelo anatómico do ouvido, se utilize um modelo funcional do ouvido.

Defendem, assim, que é mais importante que os alunos expliquem correctamente a fisiologia do ouvido, do que reconheçam a sua anatomia.

Relativamente ao espectro sonoro, na investigação levada a cabo por Afonso (1999) verificou-se que alguns alunos admitem a possibilidade de existirem sons não audíveis. Contudo, as justificações dadas por eles baseiam-se em conhecimentos do dia-a-dia, ou, então, em aspectos superficiais como os inerentes ao sistema auditivo: audição “apurada”, “sensível”, “desenvolvida”. Vários alunos traduzem a ideia de que um som audível é um som intenso, enquanto que um som não audível é muito agudo.

Saura e Pró Bueno (1999), quando questionaram os alunos sobre se os cães ouviriam melhor que as pessoas, verificaram que 84% dos alunos reponderam à questão. Destes, 11% responderam que as pessoas não ouvem melhor, uma vez que o ouvido dos cães está mais desenvolvido, captando, por isso, uma gama maior de frequências. Alguns destes alunos chegaram a especificar a gama de frequências audíveis, 19,4% apresentaram ideias menos estruturadas, embora tenham utilizado o conceito de frequência como “eixo conceptual” (p. 201) na sua argumentação. Eis alguns exemplos de respostas apresentadas na investigação: “quando se sopra um apito para os cães, as pessoas não o ouvem, porque a frequência é elevada e, quando existe um ruído, os cães são os primeiros a ouvir”, ou então “não sei se os cães ouvem melhor ou pior que nós, o que sei é que estes ouvem sons com frequências diferentes das nossas; existem sons que eles ouvem e nós não, e outros ao contrário”. Mais de metade dos alunos (53,6%) deram uma resposta superficial, mencionando que o ouvido dos cães é mais fino, está mais desenvolvido ou é mais sensível que os dos humanos, porém, não explicam o motivo pelo qual isso acontece.

### **5.3 Alguns estudos realizados no âmbito da poluição sonora/contaminações acústicas**

Um dos maiores problemas que afectam os habitantes das grandes cidades provém da contaminação acústica, gerada, essencialmente pelas actividades humanas. De um modo geral, o ruído ocasiona mal-estar no homem, o que nalguns casos, pode conduzir a alterações de convivência diária e, inclusive, determinados níveis de ruído podem lesar a nossa própria saúde (Román et al., 2003).

Daí que estes investigadores tenham procurado sensibilizar os alunos para que estes mudem seus maus hábitos, sobretudo os que contribuem para o aumento do ruído em seu redor. Deste modo, os autores envolveram os alunos em várias tarefas. O estudo tem início com um inquérito acerca dos conhecimentos prévios dos discentes sobre o ruído, e qual a sua atitude perante a presença da contaminação acústica. Numa fase posterior, os estudantes investigam a legislação existente acerca do ruído e identificam as principais fontes de agentes contaminantes na produção de ruído, e os consequentes efeitos do mesmo na saúde humana. Finalmente, os alunos medem o ruído emitido pelos seus próprios ciclomotores.

As conclusões a que se chegaram no estudo foram, fundamentalmente, as seguintes:

- a contaminação que no dia-a-dia mais afecta os alunos é o ruído;
- metade dos alunos da amostra (50%) têm o hábito de escutar a música alta, ainda que destes, cerca de 40% diminuam o som no caso de lhes ser sugerido;
- alguns alunos (35%) defendem o uso de ciclomotores que sejam o mais ruidosos possíveis;
- uma elevada percentagem de estudantes (85%) são mais permissíveis com os ruídos de locais de lazer do que com os provenientes de actividades como as industriais, de tráfego, ainda que prefiram morar longe dos primeiros.

Quanto às medidas efectuadas ao ruído emitido pelos ciclomotores, os estudantes chegaram à conclusão que este dependia de factores como a aceleração; a antiguidade do

ciclomotor e a distância entre este e o sonómetro utilizado para medir o nível de intensidade sonora.

Perales-Palacio (1997) detectou que, para a maioria dos alunos, a sua vida é, fundamentalmente, afectada pelos ruídos provenientes de todo o tipo de veículos e em menor grau pelos gritos produzidos pelos seres vivos.

Actualmente, em vários países, como a Suécia, a Alemanha, a Espanha, a Holanda, os E.U.A., o Brasil e a Argentina, considera-se prioritário o combate ao ruído. Nestes países são promovidas diversas campanhas de consciencialização, visando, sobretudo, alertar para as consequências do ruído para a nossa saúde, e são tomadas medidas, entre elas, a nível industrial, com a diminuição do limite máximo de ruído e a duração da exposição ao mesmo. Na Alemanha, um estudo realizado sobre os efeitos da exposição a ruídos, levou os especialistas a concluírem que  $\frac{1}{4}$  dos jovens já ouve mal, devido a várias agressões, por exemplo provenientes do uso de leitores de mp3, da frequência de discotecas, e calculam que 33% terão mesmo de usar um aparelho de audição aos 50 anos, na melhor das hipóteses. Nos E.U.A., 50% dos estudantes universitários apresentam sintomas de perda de audição e a sensação de zumbido nos ouvidos (Margarido e Spranger, 2006).

Também Espinosa (2006) menciona alguns programas, projectos e estudos que envolveram alunos, professores e outros agentes educativos, realizados na Argentina (pp. 111-145), que visam, entre outros objectivos, analisar o estado da situação do meio ambiente sonoro, reflectir sobre os efeitos na saúde e, por fim, implementar medidas para o seu melhoramento.

Recentemente, em Portugal, a Deco realizou um estudo sobre a poluição sonora sentida em 15 zonas, perto de habitações e vias de trânsito intenso, distribuídas por Porto, Lisboa e Albufeira. Entre Junho e Julho de 2006, foram medidos os níveis de ruído durante os períodos diurno e nocturno. Em 13 dos 15 locais observados constatou-se que não foram cumpridos os limites de ruído ambiente exterior, durante a noite, que é de 55 dB, e, em 6 locais excederam-se também os 65 dB ao longo do dia.



O ruído ambiental é cada vez mais um problema da civilização contemporânea. As suas consequências a nível de saúde e qualidade de vida estão mais do que provadas. Assim, torna-se urgente despertar a humanidade para soluções sustentáveis. O direito da perseveração da qualidade auditiva é considerado como um dos direitos constitucionais humanos (Espinosa, 2006).

#### 5.4 Síntese das concepções alternativas dos alunos do Ensino Básico

No quadro 15 apresentamos as principais concepções alternativas identificadas nos alunos, evidenciando as referentes ao Ensino Básico sobre o tema som, que foram analisadas nesta secção.

As sugestões dadas por alguns autores sobre o ensino do som, bem como o conhecimento das concepções alternativas sobre este tema, adicionados a ideias fulcrais provenientes de domínios como a epistemologia, a psicologia educacional e, em particular, a teoria da aprendizagem significativa, contribuíram para a construção de um corpo teórico de conhecimentos coerentes da didáctica das ciências. Este corpo servirá de enquadramento ao trabalho de campo realizado nesta investigação, que a seguir descrevemos.

Quadro 15 - Principais concepções e dificuldades identificadas nos alunos acerca da área da temática da Acústica.

| Temática do som   | Principais concepções alternativas e dificuldades identificadas nos alunos, na sua maioria do Ensino Básico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produção do som   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O som produzido deve-se às características do material que o produz.</li> <li>• A produção do som está associada às acções dos sujeitos que executam a experiência.</li> <li>• A produção do som restringe-se à vibração da fonte (perceptível) que produziu o som.</li> <li>• A produção do som está relacionada com a existência de uma cavidade oca no instrumento (tambor).</li> <li>• A produção do som deve-se ao movimento do ar no interior do instrumento.</li> <li>• A produção do som está associada ao choque entre objectos.</li> <li>• O som é vibrações.</li> <li>• O som é ruído.</li> <li>• O som é música.</li> </ul> |
| Propagação do som | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A propagação do som é acompanhada por um transporte de matéria.</li> <li>• A propagação do som envolve um movimento de ar.</li> <li>• Na origem da propagação do som está uma força ou “ímpeto”.</li> <li>• O som para se expandir necessita de “empurrar” o ar à sua frente.</li> <li>• O som expande-se, espalha-se a partir da fonte.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O som expande-se, espalha-se pelos espaços vazios.</li> <li>• O som é transferido pelo choque de partículas (análogo à queda das peças de um dominó).</li> <li>• O som resulta de uma corrente de ar que se origina com o movimento da fonte sonora.</li> <li>• A onda é o movimento vibratório da fonte sonora.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Papel do meio                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O oxigénio e o ar são meios privilegiados para a propagação do som, sendo mesmo indispensáveis à sua propagação.</li> <li>• O meio é indispensável à propagação do som por delimitar o espaço por onde o som se propaga.</li> <li>• O meio não tem qualquer influência na propagação do som.</li> <li>• O som propaga-se no dióxido de carbono por ser um constituinte do ar.</li> <li>• O som propaga-se no ferro pelo facto de ser um bom condutor de electricidade.</li> <li>• O som propaga-se no vazio.</li> <li>• O som não se propaga: <ul style="list-style-type: none"> <li>- na cortiça;</li> <li>- no ferro;</li> <li>- no dióxido de carbono;</li> <li>- na água e;</li> <li>- no álcool.</li> </ul> </li> <li>• A propagação é tanto mais difícil no meio quanto maior a densidade do meio.</li> <li>• O meio exerce forças de atrito sobre o som que dificulta a sua propagação.</li> </ul> |
| Velocidade de propagação                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A velocidade de propagação do som no vácuo é maior do que no ar.</li> <li>• A velocidade de propagação nos sólidos é menor do que nos líquidos e esta menor do que nos gases.</li> <li>• A velocidade do som não é constante.</li> <li>• O som viaja mais depressa se as moléculas do meio oferecerem pouca resistência/barreiras à sua passagem.</li> <li>• A velocidade de propagação depende a “resistência”, “barreira” que o meio oferece à sua propagação.</li> <li>• A velocidade de propagação é tanto maior quanto menor a densidade/concentração das partículas do meio.</li> <li>• A velocidade de propagação do som depende da altura do som.</li> <li>• A velocidade de propagação do som depende da intensidade do som.</li> <li>• A velocidade de propagação do som depende da amplitude do som.</li> </ul>                                                                                |
| Fenómenos sonoros                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O eco é como um som que “embate”, faz “ricochete”, no obstáculo e volta para trás.</li> <li>• O eco é o resultado do aprisionamento do som num espaço vazio.</li> <li>• O eco é consequência das características do local em que é produzido.</li> <li>• O eco resulta da colisão com uma superfície ocorrendo um “amortecimento do som” num espaço vazio.</li> <li>• O fenómeno da difracção surge ligado à existência de um obstáculo que oferece resistência à saída do som para o exterior ou então que obriga o som a reflectir-se.</li> <li>• Na refracção o som não pode “atravessar”, “passar”, “entrar” na superfície de separação de dois meios diferentes.</li> <li>• Na refracção não é relevante o papel das condições fronteira de separação de dois meios.</li> </ul>                                                                                                                      |
| Propriedades do som e características das ondas | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A altura do som depende da: <ul style="list-style-type: none"> <li>- amplitude das ondas;</li> <li>- velocidade das ondas e</li> <li>- energia das ondas sonoras.</li> </ul> </li> <li>• A intensidade do som depende da: <ul style="list-style-type: none"> <li>- frequência das ondas;</li> <li>- densidade do meio;</li> <li>- massa do corpo que vibra;</li> <li>- temperatura;</li> <li>- dimensão da fonte sonora (corda mais comprida e/ou mais grossa da viola).</li> </ul> </li> <li>• A caixa de ressonância da viola influencia a altura do som.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Audição de sons                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O som entra no ouvido é captado/recolhido/absorvido no seu interior por um receptor (nervo/tímpano/pelezinhas/ventosas/detector de sons) que depois de interpretado o envia para o cérebro.</li> <li>• O som é conduzido do exterior até ao cérebro através de canais que existem no interior do ouvido.</li> <li>• Os sons audíveis são sons muito intensos.</li> <li>• Os sons não audíveis são sons muito agudos.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



## **PARTE II**

### **ESTUDO EMPÍRICO**

## **CAPÍTULO 6**

### **A METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO**

Neste capítulo apresentamos a metodologia utilizada nesta investigação. De acordo com Estrela (1994), a metodologia é constituída por um conjunto de métodos e técnicas de investigação, pela sua organização e pela sua fundamentação. Ligados a estes aspectos estão os sujeitos de investigação. Estes elementos encontram-se inseridos num dado local geográfico e numa determinada realidade social.

Os dados recolhidos ao longo do trabalho empírico realizado serão objecto de tratamento, sendo efectuada a análise de conteúdo dos dados qualitativos e a inferência estatística a partir dos dados quantitativos.

#### **6.1 Fundamentação teórica**

##### **6.1.1 Considerações gerais**

A investigação de um dado fenómeno, para ser rigorosa por parte de quem a desenvolve, exige um profundo conhecimento dos métodos e das técnicas que possibilitam o seu desenvolvimento.

Sobre métodos e técnicas de investigação existe um conjunto assinalável de definições, que variam de autor para autor. Madeleine Grawitz (1993, citada por Carmo e Ferreira, 1998) define métodos “como um conjunto concertado de operações que são realizadas para atingir um ou mais objectivos, um corpo de princípios que presidem a toda a investigação organizada, um conjunto de normas que permitem seleccionar e coordenar as técnicas” (p. 175). E caracteriza técnica como os “procedimentos operatórios rigorosos, bem definidos, transmissíveis, susceptíveis de serem novamente aplicados nas mesmas condições, adaptados ao tipo de problema e aos fenómenos em causa” (idem, p. 175).

Justamente, a técnica representa a etapa de operações limitadas, ligada a elementos práticos, enquanto que o método é uma operação intelectual que coordena um conjunto de operações, em geral várias técnicas.

A escolha da técnica a utilizar tem a ver com o objectivo que se pretende atingir, o qual, por sua vez, irá influenciar o método de trabalho. “Da interdependência entre método e técnica nasce muitas vezes uma confusão entre os termos, método e técnica, que convém distinguir” (idem, p. 75). Também Almeida e Pinto (1990) se referem à relação entre método e técnicas de investigação. A esse propósito afirmam que:

o método tem como função fundamental operar a selecção das técnicas de pesquisa a aplicar por referência ao objecto e à teoria que o constrói, em determinar-lhes os limites e as condições úteis de exercício, em relacionar e integrar os resultados obtidos. (p. 19)

Cada tipo de método, utilizado na investigação em Educação, encontra-se ligado a uma perspectiva paradigmática específica e única, estando a sua escolha dependente da intencionalidade do investigador, particularmente “do tipo de problema de investigação e dos objectivos que se definiram” (Pérez, 2000, p. 134). Para este autor, a escolha da metodologia mais adequada à investigação é uma das decisões mais importantes, mas também das mais difíceis, que o investigador, hoje em dia, tem de tomar. Na verdade, “nem todos os problemas são iguais, nem requerem idênticas ferramentas para serem resolvidos” (idem, p. 134).

Por outro lado, essa decisão, sendo crítica para todas as ciências, é-o com especial agudeza para as ciências humanas e sociais e, no domínio destas, para as ciências da educação, devido, essencialmente, à complexidade do fenómeno educativo (Sancho, 1992). Esta complexidade e heterogeneidade ligada ao fenómeno educativo levam as ciências sociais a adquirir e a adaptar técnicas específicas de outras ciências, principalmente de ciências sociais e humanas, como a sociologia e psicologia (idem).

Como Anderson e Burns (1989) alertam, esse ecletismo técnico e metodológico não deixa de ter alguns efeitos perversos: “enquanto tal ecletismo trazer à educação uma vasta gama de ferramentas com as quais podemos trabalhar, este vai interferir nos consensos

*sobre a implementação e o próprio desenvolvimento da investigação educacional, em particular na pesquisa em sala de aula” (p. 47).*

Perante as dificuldades e a consequente falta de consenso, a investigação educacional vive envolvida por um conjunto de disputas e de controvérsias, que têm associadas uma diversidade de pontos de vista relativos às metodologias e técnicas mais adequadas à pesquisa no contexto educativo, em particular, no ambiente de sala de aula. Esta diversidade está relacionada com posições ontológicas e epistemológicas. Complementaridade ou antagonismo, compatibilidade ou incompatibilidade são algumas questões em torno das quais os debates incidem.

As abordagens em causa poderão centrar-se em dois métodos: os qualitativos e os quantitativos. Cada um com “campos de acção diferentes, com vantagens, mas também com limitações” (Bardin, 1977, p. 118).

#### 6.1.2 Paradigma quantitativo e qualitativo

As designações métodos qualitativos e métodos quantitativos significam muito mais que umas técnicas específicas e adequadas para recolher dados. Será mais adequado conceptualizá-las como paradigmas (Filstead, 1986). Para este autor, o ponto central da distinção entre estes dois paradigmas assenta nas posições filosóficas entre as escolas realista e idealista e suas subsequentes reformulações, acerca do modo como, por um lado, concebemos o Mundo e, por outro, procuramos encontrar resposta à questão “como conhecemos o que conhecemos?” (p. 61).

As obras, por exemplo, de Locke, Kant, Berkeley e Hume, abordadas na revisão de literatura, evidenciam, entre outras questões, a relação entre o mundo exterior e o processo do conhecimento.

O positivismo fundamenta o paradigma quantitativo. Segundo esta corrente filosófica não existe outra realidade que não sejam os factos que possam ser observados. Cada um deles

tem apenas uma única interpretação que o investigador tem que captar objectivamente. Utilizando a razão consegue-se compreender o mundo, do qual se tem uma concepção essencialmente estática. “Como resultado proclama-se a ciência como o meio para compreender o mundo” (Filstead, 1986, p. 61).

Pelo contrário, o paradigma qualitativo apoia-se numa posição filosófica (caso dos idealistas) que admite a existência duma realidade física, em que a mente constitui uma fonte criadora do conhecimento. De acordo com Filstead (1986), os defensores desta perspectiva “crêem que o mundo social não nos é dado, mas sim criado pelos indivíduos que nele vivem” (p. 62). Para este autor, o paradigma qualitativo “não concebe o mundo como uma força exterior, objectivamente identificável e independente do homem. Existem pelo contrário múltiplas realidades” (p. 62).

Quanto ao modo de transmitir a informação, Erickson (1990) considera que cada um dos paradigmas, embora de um modo diferenciado, pretendem transmitir a informação que obtêm através de um sistema de anotações escritas. Os investigadores quantitativos traduzem em números as suas observações. Eles associam valores numéricos às observações, contando e “medindo”. Os investigadores qualitativos preferem registar os seus dados na linguagem dos sujeitos.

Reichardt e Cook (1986) apresentam as características gerais que identificam os paradigmas qualitativo e quantitativo (Quadro 16).

Quadro 16 - Características dos paradigmas qualitativo e quantitativo (Reichardt e Cook, 1986, p. 29).

| Paradigma qualitativo                                                                                                                             | Paradigma quantitativo                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Advoga o emprego dos métodos qualitativos.                                                                                                      | • Advoga o emprego dos métodos quantitativos.                                                                                      |
| • Fenomenologismo e verstehen (compreensão) “interessado em compreender a conduta humana a partir dos próprios pontos de vista daquele que actua. | • Positivismo lógico “procura as causas dos fenómenos sociais, prestando escassa atenção aos aspectos subjectivos dos indivíduos”. |
| • Observação naturalista e sem controlo.                                                                                                          | • Medição rigorosa e controlada.                                                                                                   |
| • Subjectivo.                                                                                                                                     | • Objectivo.                                                                                                                       |
| • Próximo dos dados; perspectiva “a partir de dentro”.                                                                                            | • À margem dos dados; perspectiva “a partir de fora”.                                                                              |
| • Fundamentado na realidade, orientado para a descoberta, exploratório, expansionista, descritivo e indutivo.                                     | • Não fundamentado na realidade, orientado para a comprovação, confirmatório, reducionista, inferencial e hipotético-dedutivo.     |
| • Orientado para o processo.                                                                                                                      | • Orientado para o resultado.                                                                                                      |
| • Válido. Dados “reais”, “ricos” e “profundos”.                                                                                                   | • Fiável: dados “sólidos” e repetíveis.                                                                                            |
| • Não generalizável: estudos de casos isolados.                                                                                                   | • Generalizável: estudos de casos múltiplos.                                                                                       |
| • Holístico.                                                                                                                                      | • Particularista.                                                                                                                  |
| • Assume uma realidade dinâmica.                                                                                                                  | • Assume uma realidade estável.                                                                                                    |



Da análise do quadro anterior, constatamos que Reichardt e Cook (1986) defendem que o paradigma quantitativo tem uma concepção global positivista, hipotética-dedutiva, particularista, objectiva, orientada para os resultados, com a tarefa de verificar ou de confirmar teorias. Obedece a um plano rigoroso, próprio das ciências naturais. Por sua vez, o paradigma qualitativo postula uma concepção global, indutiva, estruturalista, subjectiva, orientada para o processo, com a tarefa de descobrir ou de gerar teorias, própria da antropologia social e da sociologia. Obedece a um plano flexível.

Segundo os investigadores Reichardt e Cook (1986) é usual associar um paradigma a uma concepção filosófica, que, por seu turno, tem ligação com um determinado tipo de método de investigação. Neste “sentido, a definição do paradigma determina então o método” (p. 31).

A questão levantada pelos autores é acerca da relação entre paradigma e método, isto é, “existe uma ligação entre a adesão à filosofia de um paradigma e ao emprego do método do outro?”. Partindo do seu próprio estudo, os investigadores concluíram que as características de um paradigma não são exclusivos dos respectivos métodos. Como afirmam “associa-se os dois tipos de métodos tanto com as características do paradigma qualitativo como com os do quantitativo” (idem, p. 37). Na hora de escolher o método a usar, o paradigma não deve constituir o único factor determinante, já que a selecção do método deve depender também, em parte, das exigências da situação de investigação a realizar. Como os próprios afirmam

a situação da investigação constitui também um factor importante. E isto é especialmente significativo porque a investigação se realiza em circunstâncias singulares e exigentes que podem requerer modificações nas práticas tradicionais. O facto de que paradigma e método tenham estado ligados no passado não significa que no futuro resulte necessário ou conveniente que assim seja. (p. 40)

Por outro lado, Reichardt e Cook (1986) defendem que um investigador não tem de aderir rigidamente a um dos dois paradigmas, podendo escolher uma combinação de atributos pertencentes a cada um deles. Utilizando as suas próprias palavras:

não existe nada, excepto a tradição, que impeça o investigador de misturar e acomodar as características dos dois paradigmas para chegar à combinação que resulte mais adequada ao problema de investigação e às condições com que se contam (...) não existe razão para que os investigadores se limitem a um dos paradigmas tradicionais, (...) quando podem obter o melhor dos dois. (p. 40)

Os métodos qualitativos e quantitativos distinguem-se, essencialmente, no processo de recolha e no modo como são registados e analisados os dados recolhidos.

### 6.1.3 Características dos métodos qualitativos

Patton (1990) explica que os dados qualitativos “consistem em descrições detalhadas de situações, acontecimentos, sujeitos, interacções e condutas observadas; citações directas das pessoas acerca das suas experiências, atitudes, crenças e pensamentos; e fragmentos ou passagens completas de documentos, correspondência, registos e histórias de casos” (p. 22).

Neste sentido, o esforço principal da investigação qualitativa será, como defende Erickson (1990), o de alcançar “o significado imediato das acções segundo a perspectiva do actor” (p. 119).

Os investigadores que fazem uso da abordagem qualitativa “estão interessados no modo como as diferentes pessoas dão sentido às suas vidas” (Bodgan e Biklen, 1994, p. 50), procurando compreender como e qual o significado que os indivíduos constróem para os diferentes acontecimentos das suas vidas quotidianas e procurando aperceber-se da forma como interpretam esses mesmos significados. Para estes autores, a investigação qualitativa reúne um conjunto de características que são descritas nas linhas seguintes:

- Na investigação qualitativa, a fonte directa de dados é o ambiente natural em que as pessoas vivem, constituindo o investigador o instrumento principal. Os investigadores qualitativos frequentam os locais que procuram estudar, uma vez que se preocupam com o contexto. Assumem que o comportamento humano é significativo e influenciado pelo contexto em que ocorre, deslocando-se, sempre que possível, ao local de estudo.

Também Yin (1989) refere que, numa investigação qualitativa, é impensável separar o objecto de estudo do seu contexto.

- A investigação qualitativa é descritiva. O investigador é um instrumento importante na recolha de dados descritivos e analíticos (descrevendo o ambiente de forma rica e evitando correr o risco de generalização). “Os dados são mediados através do instrumento humano, o investigador, mais do que através de algum inanimado inventário, questionário ou máquina” (Merriam, 1990, p. 19). Os dados são analisados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto possível, a forma como foram registados ou transcritos. Como explicam Huberman e Miles (1991), os dados são recolhidos, “não em forma de número, mas de palavras” (p. 34). Bodgan e Biklen (1994) acrescentam mais uma variável, “as imagens” (p. 48).
- Os investigadores qualitativos devotam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos relativos a esse processo. É dada ênfase ao processo, na investigação educacional. Não interessa tanto os resultados obtidos, tal como na investigação quantitativa, mas, essencialmente, os procedimentos e as interacções.
- O significado dos comportamentos, atitudes e situações são vitais na abordagem qualitativa. Os investigadores qualitativos em educação questionam os sujeitos de investigação, com o objectivo de perceber “aquilo que eles experimentam, o modo como eles interpretam as suas experiências e o modo como eles próprios estruturam o mundo social em que vivem” (Psathas, 1973, citado por Bodgan e Biklen, 1994, p. 51).
- Os investigadores qualitativos analisam os dados de forma indutiva. Não recolhem dados ou provas com o objectivo de responder a questões prévias ou de testar hipóteses construídas previamente; ao invés disso, “as abstracções são construídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando” (Bodgan e Biklen, 1994, p. 50).

A partir daí, constrói-se um quadro que vai ganhando forma à medida que se recolhem e examinam as partes. Bodgan e Biklen (1994) referem, ainda, que na investigação qualitativa não se nega a existência de um plano, mas que esse plano é flexível. No início do estudo há

questões muito amplas, as quais, à medida que a pesquisa se desenvolve, se vão tornando mais directas e específicas.

Huberman e Miles (1991) referem que a investigação qualitativa é essencialmente um “processo de investigação muito próximo do trabalho do detective” (p. 62). Merriam (1990) refere que o “papel do investigador na investigação qualitativa é muitas vezes comparado a um detective, devendo gostar de procurar peças que se encaixam no puzzle” (p. 37). Tal como o detective avança de indício para indício até à resolução do enigma, o investigador avança de dado em dado até à clarificação do real (idem).

#### 6.1.3.1 Obstáculos que surgem na utilização dos métodos qualitativos

São vários os obstáculos que este tipo de abordagem tem de enfrentar para que possa ser garantida, quer uma recolha quer uma análise verdadeiramente científica dos dados e não cair em procedimentos puramente intuitivos. As principais críticas colocadas à abordagem qualitativa são, sobretudo:

- a falta de objectividade;
- a validade;
- a impossibilidade da generalização.

Quanto ao problema da generalização, Erickson (1990) refere que

não se procuram factos universais abstractos, aos quais se chega através de uma generalização estatística de uma amostra de uma população inteira, mas factores universais concretos, aos quais se chega estudando um caso específico em pormenor e depois comparando-o com outros casos estudados de forma igualmente detalhada”.  
(p. 222)

Para ele, o principal interesse do investigador é a possibilidade de particularizar mais do que generalizar, pois os aspectos universais só se descobrem quando se manifestam de forma concreta e específica, e não na abstracção e na generalidade. A universalidade não resulta, assim, de uma quantidade de fenómenos ou casos de que possa inferir-se depois de

uma média estatística que englobe todos os casos estudados ou a estudar, mas sim do próprio caso individualizado e específico, o qual contém em si mesmo os vestígios dessa universalidade implícita.

Assim, a preocupação central não é a de ver se os resultados são susceptíveis de serem generalizados, mas sim, de dar especial atenção aos aspectos que são universais e que segundo Erickson (1990, p. 223), “podem generalizar-se a outras situações semelhantes”, bem como, a de identificar e compreender, igualmente, quais “os aspectos exclusivos do caso em questão” (idem, p. 223).

Devido ao papel fundamental que o investigador tem neste tipo de estudos, um dos grandes problemas colocados à investigação qualitativa é a validade e a fiabilidade, as quais dependem das “competências do investigador, que é o instrumento da recolha de dados” (Huberman e Miles, 1991, p. 81).

Outro problema com que se depara nesse tipo de investigação é o de saber se o que se vai registar é o que realmente acontece, ou seja, é o problema da fidedignidade dos registos. Para evitar essa dificuldade é necessário ter algum apoio técnico, ter alguns instrumentos para a recolha de dados, além de que as informações sejam explicitadas claramente, quer quanto ao seu registo quer quanto à sua análise posterior.

Por fim, o problema da objectividade que deriva, sobretudo, da falta de sensibilidade do investigador. Em relação a este ponto, a instrumentação pode e deve ser revista ao longo da própria investigação. Os estudos qualitativos não são ensaios elaborados após uma visita rápida a determinado local, ou após algumas conversas com uns quantos sujeitos.

O investigador passa uma quantidade de tempo considerável no terreno, recolhendo laboriosamente grandes quantidades de dados. Os dados carregam o peso de qualquer interpretação, deste modo, o investigador tem constantemente de se confrontar com as suas próprias opiniões e com os seus preconceitos. Tanto mais que o objectivo principal do investigador é o de construir conhecimento, e não o de dar opiniões sobre determinado contexto. Por isso, a utilidade de determinado estudo é a capacidade que ele tem em gerar teoria, descrição ou compreensão.

#### **6.1.4 Características dos métodos quantitativos**

A utilização de métodos quantitativos está ligada fundamentalmente à investigação experimental ou, na sua impossibilidade, à investigação quasi-experimental.

Os objectivos da investigação quantitativa consistem essencialmente em encontrar relações entre variáveis, fazer descrições, recorrendo ao tratamento estatístico de dados recolhidos, e testar teorias, procurando generalizar os resultados obtidos de uma determinada amostra em estudo (Carmo e Ferreira, 1998).

Uma das principais limitações da utilização dos métodos quantitativos está ligada à natureza dos fenómenos estudados, concretamente, com

a complexidade dos seres humanos: estímulo que dá origem a diferentes respostas de acordo com os sujeitos; grande número de variáveis cujo controlo é difícil ou mesmo impossível; subjectividade por parte do investigador; medição que é muitas vezes indirecta, como por exemplo o caso das atitudes; problema da validade e fiabilidade dos instrumentos de medição. (p. 179)

##### **6.1.4.1 Investigação experimental: investigação quasi-experimental**

Para efeitos de terminologia, utilizamos a definição de experiência dada por autores como Campbell e Stanley (1966) e Jesuíno (1999), que a consideram como um meio para testar hipóteses causais. Esta, de acordo com as palavras de Jesuíno (1999), traduz-se “na aplicação dum tratamento, controlada por um experimentador, aos sujeitos experimentais, podendo as consequências desse tratamento ser empiricamente observáveis” (p. 218).

A relação observada ocorre entre a variável independente (variável de estímulo ou input), manipulada pelo experimentador, e a variável dependente (variável resposta ou output), produzida pelo sujeito ou sujeitos experimentais (Jesuíno, 1999; Carmo e Ferreira, 1998).

De acordo com Carmo e Ferreira (1998), variáveis são quaisquer características que variam numa dada situação experimental. Já para Almeida e Pinto (1990), variável é definida

como sendo “um conceito operacional e classificatório que, através da partição de um conjunto teoricamente relevante, assume vários valores” (p. 116).

Para que seja possível verificar qual o efeito da variável independente sobre a variável dependente é necessário que o investigador controle outras variáveis, isto é, assegure que os dois grupos sejam, tanto quanto possível, equivalentes no que respeita às outras variáveis, excepto quanto à variável independente. Deste modo, controlando as variáveis, no final da investigação poder-se-á afirmar que a diferença, que em princípio se verificou, deveu-se à manipulação da variável independente (Carmo e Ferreira, 1998).

Ao mesmo tempo, o investigador está a assegurar a validade interna do estudo. Por outro lado, também se torna necessário garantir a validade externa do mesmo, isto é, que seja possível generalizar ou aplicar os resultados obtidos num dado contexto a outros contextos. Caso a investigação tenha validade interna e externa, poder-se-á esperar que os resultados do estudo, a relação causa-efeito, possam ser confirmados noutros grupos, noutros contextos, desde que as condições sejam análogas às verificadas no estudo conduzido (idem).

Contudo, um problema permanece, o de maximizar a validade interna sem que se ponha em causa a validade externa da investigação. Ao efectuarmos um controlo muito rígido, quer sobre os sujeitos de investigação quer sobre as condições experimentais, a situação experimental poderá afastar-se das condições reais e, por consequência, os resultados obtidos não se tornam generalizáveis para além do contexto onde efectivamente se realizou a experiência (idem).

Por esse motivo, Carmo e Ferreira (1998) advertem que “o investigador terá que escolher entre um controlo muito rigoroso das condições experimentais ou conduzir a experimentação em condições reais, podendo neste último caso surgirem ameaças à validade interna da experimentação” (p. 226).

Campbell e Stanley (1966) e Cook e Campbell (1979) identificaram os factores que poderão ameaçar a validade interna. Os mesmos são referidos por Jesuíno (1999), Carmo e Ferreira (1998). São eles:

- *história* – refere-se à ocorrência de um acontecimento estranho ao estudo experimental e que poderá afectar o efeito observável na variável dependente;
- *maturação* – diz respeito à mudança no desenvolvimento dos sujeitos durante o período da experimentação, especialmente quando este se prolonga por longos períodos de meses;
- *testagem* – ocorre quando se utiliza o mesmo teste, em geral antes e depois de levar a cabo a experimentação (pré-teste e pós-teste). A melhoria dos resultados que se verifica no pós-teste em relação aos do pré-teste, poderá ser devida ao facto de os sujeitos repetirem o mesmo teste, principalmente quando o período que medeia a administração de um e do outro é curto. Para evitar isto, na nossa investigação administrámos um pré-teste diferente do pós-teste. Estes, embora tenham os mesmos objectivos, têm diferentes questões, mas com semelhante grau de dificuldade, de modo a evitar que os alunos memorizassem as respostas;
- *instrumentação* - resulta da aplicação de instrumentos de medida pouco fiáveis, produzindo resultados variáveis em diferentes aplicações, de pré-testes e pós-testes com grau de dificuldade diferente; de observações que não são sistematicamente feitas da mesma maneira ao longo da experimentação;
- *selecção* - ocorre quando se selecciona grupos já previamente construídos para grupo de controlo e grupo experimental, grupos que já eram diferentes. Esta diferença inicial pode influenciar os resultados do pós-teste. Daí que se devam escolher grupos o mais idênticos possíveis, e administrar um pré-teste para que, na fase de análise dos resultados das questões, as possíveis diferenças iniciais entre esses grupos venham a ser tidas em conta;
- *mortalidade* - diz respeito aos sujeitos experimentais abandonarem o estudo durante o seu decurso. A saída de um ou mais elementos dos grupos vai afectar os resultados;



- *regressão estatística* - resulta de os scores extremos das medidas observadas regredirem para a média em posteriores aplicações. Isto é, sujeitos com scores baixos tendem a ter em seguida scores elevados;
- *interacções com a selecção* – diz respeito às ameaças anteriormente indicadas poderem interagir com a selecção, levando a resultados inexactos. A mais comum é a interacção selecção-maturação, resultante de grupos experimentais constituídos por diferentes pessoas que apresentam diferentes taxas de maturação.

Na investigação experimental propriamente dita estas ameaças estão controladas, na medida em que o investigador faz uma selecção aleatória dos sujeitos experimentais. Uma outra característica do método experimental é a utilização de um grupo experimental e de um grupo de controlo, este último com o fim de avaliar o impacto da não intervenção (Erickson, 1990). Tanto num grupo como no outro os sujeitos são escolhidos aleatoriamente.

Relativamente à validade externa, as ameaças que podem pôr em causa a generalização dos resultados são, segundo Carmo e Ferreira (1998), as seguintes:

- ⌈ *efeito de interacção da testagem (interacção pré-teste, tratamento)* – diz respeito ao facto do pré-teste poder aumentar ou diminuir a sensibilidade do sujeito à variável experimental, tornando, assim, os resultados obtidos pouco representativos dos efeitos da variável num universo que não tenha sido previamente testado. Os resultados poderiam ter sido diferentes se os indivíduos não fossem sujeitos a um pré-teste;
- ⌈ *efeitos reactivos dos arranjos experimentais* - afectam a generalização dos resultados para outros ambientes não experimentais. Problemas inerentes a estes efeitos prendem-se com o facto de os sujeitos de investigação, ao tomarem conhecimento que pertencem a um grupo experimental e do tratamento a que vão ser submetidos, podem afectar os resultados.

Por outro lado, também se pode considerar o problema da novidade, pois o grupo experimental pode obter melhores resultados uma vez que está a utilizar algo de

novo. A novidade proporciona o incremento da motivação e, portanto, a participação e o tratamento pode não ser mais eficaz em si mesmo;

- ☐ *interferência dos tratamentos múltiplos* – resulta da aplicação de vários tratamentos aos mesmos sujeitos, dado não se conseguir eliminar os efeitos de tratamentos anteriores.

Naturalmente, o investigador deverá tomar medidas conducentes à neutralização, uma a uma, das possíveis fontes de ameaça. Porém, numa investigação é bastante difícil otimizar ambos os tipos de validade e, como tal, torna-se necessário optar por uma estratégia que Jesuíno (1999) caracteriza de compromisso. Mas, explicitemos o seu ponto de vista utilizando as suas próprias palavras:

a maximização da validade interna passa pelo controlo rigoroso da variável, com possível sacrifício para a validade externa, ou seja, para a generalização dos resultados para além do laboratório. Em contrapartida, um maior ênfase na observação dos grupos naturais, sem aleatorização, é susceptível de aumentar o efeito das ameaças à validade interna. (p. 220)

A escolha de um plano experimental adequado ao estudo depende das hipóteses que vão ser testadas e das condições que o investigador dispõe. No nosso caso, dispomos de duas turmas, já constituídas pela instituição escolar, pelo que o plano experimental não é puro, mas sim, quasi-experimental.

Jesuíno (1999) explica que “quando se trabalha com grupos reais torna-se difícil, senão mesmo impossível, na maior parte das situações, o recurso à aleatorização” (p. 220).

No caso de estudos quasi-experimentais o investigador terá de controlar uma a uma as ameaças à validade interna. A razão para esse propósito prende-se com os grupos já existentes.

Na investigação educacional, a maior parte das situações são estudadas em turmas de alunos já formadas, não tendo o experimentador outra alternativa senão recorrer aos planos quasi-experimentais, “alternativa essa aliás bem preferível à renúncia à experimentação” (Jesuíno, 1999, p. 229). Esta opinião também é emitida por Carmo e Ferreira (1998).

Esquemáticamente, e utilizando a nomenclatura de Campbell e Stanley (1966), temos:

$O_1 \times O_2$

$O_1 \quad O_2$

O tratamento X é aplicado aleatoriamente a uma das turmas, que será o grupo experimental. As observações O são realizadas nos dois grupos, e correspondem nesta investigação ao pré-teste, ao pós-teste e à elaboração dos dois mapas conceptuais, um antes da leccionação da Acústica e outro após a sua leccionação.

Visto não existir selecção aleatória dos sujeitos de investigação, podem surgir ameaças à validade interna, sendo este plano quasi-experimental muito vulnerável aos efeitos da regressão e interacção entre selecção e variáveis como a história, testagem e maturação. Assim, para melhor controlar estas ameaças, o investigador deverá escolher grupos que sejam os mais semelhantes possíveis (Carmo e Ferreira, 1998).

As ameaças à validade externa, nos planos quasi-experimental, são idênticas às do plano experimental puro, que foram referidas anteriormente. A interacção entre o pré-teste e o tratamento poderá ser considerada uma possível ameaça à validade externa. Esta interacção poderá ter como consequência que os resultados apenas possam ser generalizáveis a outros grupos, aos quais foi igualmente administrado o pré-teste.

A experimentação é conduzida de forma a verificar uma hipótese ou hipóteses estatísticas, previamente definidas e que serão rejeitadas ou não mediante os resultados que forem obtidos. Oliveira (2004) chama a atenção para que “a não rejeição de uma hipótese estatística é resultado de insuficiente evidência para a rejeitar e não implica necessariamente que ela é verdadeira (daí a preocupação em usar o termo “não rejeitar” em vez de “aceitar”)” (p. 80).

Segundo a autora, na notação usual exprime-se por  $H_0$ , hipótese nula, a hipótese estatística a ser testada, e por  $H_1$ , a hipótese alternativa, que geralmente tem a ver com a conjectura que se pretende provar.

Na presente investigação as hipóteses estatísticas formuladas são:

$H_0$ : Não há interdependência entre X e Y.

$H_1$ : Há interdependência entre X e Y.

X é a variável independente e Y é a variável dependente.

Por fim, como menciona Oliveira (2004), “o resultado do teste será, portanto, a confirmação ou não da suposição inicial, rejeitando ou não a hipótese nula” (p. 81).

#### 6.1.5 Combinação de métodos quantitativos e qualitativos

Nas últimas décadas, têm sido objecto de discussão entre os investigadores as vantagens e as desvantagens relativas à adequada utilização de métodos qualitativos e quantitativos em trabalhos de investigação; ao mesmo tempo, tem sido encarada a possibilidade de articular ambos os métodos.

Anderson e Burns (1989) defendem que, apesar de assentarem em pressupostos diferentes acerca do mundo natural e social, de focalizarem a sua atenção em aspectos diversos dessa realidade e de utilizarem inclusivamente sistemas de linguagem distintos, existem motivos para crer que estes dois sistemas em presença um do outro “coexistem”, acabando por dar cada um a sua contribuição para o estudo dos fenómenos educativos. Estes autores afirmam que “é benéfico esta hibridação na investigação em sala de aula” (p. 73).

Flistead (1986) partilha, igualmente, da opinião que existem “grandes vantagens na combinação criativa de métodos qualitativos e quantitativos na investigação” (p. 71). E idêntica posição é defendida por autores como Huberman e Miles (1991), Patton (1990), Pérez (2000) e Reichardt e Cook (1986).

Numa investigação com propósitos múltiplos, estes serão melhor atendidos se os investigadores utilizarem métodos diferentes, uma vez que pode conduzir a uma melhor compreensão dos fenómenos a estudar. Do mesmo modo, a triangulação das técnicas contribui para alcançar resultados mais seguros.

Denzin (1978, citado por Cook e Reichardt, 1986) também partilha de uma opinião idêntica. Assim, para este autor,

a triangulação “entre métodos” corresponde ao emprego de vários métodos de recolha de dados para as mesmas questões referentes a esses dados; de tal forma que as deficiências de um método possam ser recompensadas pelos pontos fortes de outros métodos. (p. 141)

Para Pérez (2000), a combinação dos métodos “permite um maior entendimento da complexidade e superação de possíveis conflitos associados ao processo de investigação e ao tipo de procedimentos de recolha de dados” (p. 133). Para este investigador, a combinação dos dois métodos começa a ser uma prática usual na comunidade de investigadores sobre o ensino das ciências. Segundo o autor,

cada tradição de investigação tem as suas próprias ideias acerca do que deve ser a ciência, mas as técnicas não são património de nenhum dos enfoques, por isso é legítimo fazer uso de todas aquelas técnicas que possam dar respostas aos nossos problemas. (p. 133)

Mercúrio (1979, citado por Bogdan e Biklen, 1994) menciona que a estatística descritiva e os resultados qualitativos têm sido, frequentemente, apresentados em conjunto. Fielding e Fielding (1986, citado por Bogdan e Biklen, 1994) defendem a ideia de que “ainda que seja possível, e nalguns casos desejável, utilizar as duas abordagens conjuntamente, tentar conduzir um estudo quantitativo sofisticado ao mesmo tempo que um estudo qualitativo aprofundado pode causar grandes problemas” (p. 63).

Sobre estes problemas, Reichardt e Cook (1986) explicitam que têm a ver com o custo, o tempo despendido, a experiência e a competência do investigador que, naturalmente, tem de dominar estes dois tipos de métodos. Senão, “ao invés de conseguirem um produto híbrido de características superiores acabam, normalmente, com algo que não preenche os requisitos de qualidade para nenhuma das abordagens” (Locke, Spirduso e Silverman, 1987, p. 96, citados por Bogdan e Biklen, 1994, p. 63).

Assim, pelas razões enunciadas anteriormente, pensamos que o recurso exclusivo ao método experimental pode limitar a compreensão dos fenómenos estudados, daí que tenhamos utilizado a experimentação associada a outros métodos.

Segundo as condições disponíveis, adoptámos um plano quasi-experimental, associado a uma observação directa e distanciada, a entrevistas e a análise documental. Deste modo, aliámos o rigor e a objectividade da experimentação a outros dados, como, por exemplo, os da observação, que nos facultam a descrição e compreensão de comportamentos e situações num dado contexto educacional e, em particular, em sala de aula.

A esse propósito, não será alheio o facto de, ao longo da nossa investigação, privilegiarmos a harmonia e a complementaridade em vez do antagonismo e da ruptura.

#### 6.1.6 Tratamento dos dados

##### 6.1.6.1 A análise de conteúdo como suporte fundamental da investigação qualitativa

A técnica fundamental de tratamento e exploração de dados qualitativos é a análise de conteúdo. Vala (1986) considera-a uma técnica útil por permitir descrever fenómenos e mostrar a importância relativa atribuída pelos sujeitos a determinados temas. Bardin (1977) explica que se trata de “um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens” (p. 38). Enquanto esforço de interpretação, “a análise de conteúdo oscila entre os dois pólos do rigor da objectividade e da fecundidade da subjectividade” (idem, 1977, p. 9).

Para Vala (1986), a análise de conteúdo permite inferências sobre a fonte, a situação em que esta produziu o material objecto de análise, ou até, por vezes, o receptor ou destinatário das mensagens. A finalidade da análise de conteúdo será, pois, com base numa lógica explicitada, efectuar inferências sobre as mensagens cujas características foram inventariadas e sistematizadas.

A maioria dos processos de análise organiza-se em redor de um processo de categorização. Para Bardin (1977), a categorização tem como principal objectivo construir uma representação simplificada dos dados brutos por um processo de condensação. As categorias não são mais do que “rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de

*elementos (unidades de registo, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns destes elementos” (idem, p. 117).*

Para Hogenraad (1984, citado por Vala, 1986) uma categoria é habitualmente composta por um termo-chave, que indica a significação central do conceito que se quer apreender e por outros indicadores, que descrevem o campo semântico do conceito. Assim, a inclusão de um segmento de texto numa categoria pressupõe a detecção dos indicadores relativos a essa categoria.

A construção de um sistema de categorias pode ser feita a priori ou a posteriori, ou ainda, através da combinação destes dois processos. Nesta investigação foi utilizado o primeiro procedimento. Foram utilizados conceitos que a priori foram esboçados pelo quadro teórico e que serviram de pistas ao guião que orientou a entrevista.

Uma vez construídas, as categorias de análise de conteúdo foram sujeitas a um teste de validade interna. Ou seja, o investigador procurou assegurar-se da sua exaustividade, por forma a ter em conta todos os elementos do corpus, da exclusividade, abarcando assim numa categoria tudo o que a ela dizia respeito, da pertinência para que a análise estivesse de acordo com os propósitos da investigação e da objectividade e para garantir que estas sejam apresentadas sem ambiguidades, isto é, de uma forma clara.

A escolha e a formulação das categorias foram sujeitas a uma validação por parte dos orientadores. Seguimos o princípio da exclusão mútua de Bardin (1977), em que um elemento não pode ter dois ou mais aspectos susceptíveis de serem classificados em duas ou mais categorias.

Esta ideia também é partilhada por Estrela (1994) que, além desta característica, acrescenta outros critérios necessários a ter em conta na determinação das categorias. Como se deduz, aliás, das suas próprias palavras, que aqui transcrevemos: “à semelhança do que acontece em qualquer processo de categorização, a determinação das categorias deverá obedecer a critérios de coerência, homogeneidade, exclusividade recíproca e exaustividade” (p. 456).

Uma análise de conteúdo pressupõe a definição de três tipos de unidades: unidade de registo (Bardin, 1977, Ghiglione e Matalon, 1993; Estrela, 1994), unidade de contexto (Bardin, 1977, Ghiglione e Matalon, 1993; Estrela, 1994) e unidade de enumeração (Bardin, 1977; Estrela, 1994) ou unidade de numeração (Ghiglione e Matalon, 1993).

Uma unidade de registo “corresponde ao segmento determinado de conteúdo a considerar como unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial” (Bardin, 1977, p. 104). Por sua vez, Ghiglione e Matalon (1993) consideram que a “unidade de registo pode ser definida como o segmento de conteúdo mínimo que é tomado em atenção pela análise (frase, por exemplo)”. Para Bardin (1977), reina uma certa ambiguidade no que diz respeito aos critérios de distinção de unidades de registo. Com efeito, podem executar-se certos recortes a nível semântico, o tema, por exemplo, enquanto que outros se efectuam a um nível aparentemente linguístico, como, por exemplo, a palavra ou a frase.

A unidade de contexto “serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registo” (Bardin, 1977, p. 107), sendo “o mais estreito segmento de conteúdo necessário para compreender a unidade de registo” (Ghiglione e Matalon, 1993, p. 213).

A unidade de enumeração é a unidade em função da qual se procede à quantificação (Bardin, 1977).

Assim, numa primeira fase, a análise dos dados recolhidos, ou seja, o texto integral das entrevistas foi sujeito a várias leituras, tendo-se fraccionado em unidades mais pequenas (unidades de registo). Nesta investigação optou-se pelo “tratamento frase por frase” que Poirier et al. (1995) consideram como “o mais comumente empregue” (p. 114), com a respectiva enumeração.

A partir dos blocos do guião da entrevista foram definidas as categorias e colocadas as questões, assim como a numeração das unidades de registo. Nas unidades de registo foram colocadas as respostas do guião, retirando às frases aquilo que não interessava e associando a resposta à pergunta formulada pelo investigador, sem entrar em consideração com aspectos temáticos que a frase pudesse conter.



Por vezes, na abordagem de um determinado assunto surgiram, na sequência do diálogo entre o entrevistador e o entrevistado, determinadas ideias que estavam mais em consonância com outra categoria que não aquela em que inicialmente a unidade de registo fora inserida, o que nos conduziu às unidades de contexto.

Segundo Poirier et al. (1995), “cada entrevista comporta um certo número de sequências que se encadeiam entre si e que se referem ou remetem para conversas seguintes e anteriores” (p. 75). Assim, a unidade de contexto serviu para arrumar as frases na sua ordem natural. Com a organização das frases emergiram as subcategorias. Estas foram definidas a partir de três pressupostos:

- (1) do esquema conceptual concebido com base na revisão teórica;
- (2) das questões de investigação previamente determinadas;
- (3) de padrões emergentes dos dados.

A começar das unidades de contexto, retiraram-se as palavras-chave e emergiram os indicadores de contexto (Bardin, 1977). Para esta investigadora, a análise de conteúdo visa o conhecimento “por meio de um mecanismo de dedução com base em indicadores reconstruídos a partir de uma amostra de mensagens particulares” (p. 44).

O passo seguinte levou-nos à unidade de significância (unidade de significado), “cujo valor é confirmado pela importância que tomam na narrativa, pela sua repetição, abundância, ligações e comentário” (Poirier et al., 1995, p. 67). A unidade de significância foi utilizada para contar o número de vezes que os indicadores de contexto foram utilizados, chegando-se deste modo à frequência. De acordo com Vala (1986), “a análise de frequência permite inventariar as palavras, os temas maiores, os temas ignorados, os principais centros de interesse, etc.” (p. 108).

Por fim, a interpretação dos resultados obtidos permitiu ao investigador captar pistas sobre o objecto de investigação, tornando-se conclusivo quando se tiverem realizado todas as inferências possíveis.

#### *6.1.6.2 A análise estatística como suporte fundamental da investigação quantitativa*

Nos questionários, as perguntas de resposta fechada, pré-formatadas e escalas de Likert foram codificadas, tendo-se procedido à pontuação das mesmas de uma forma objectiva. Em relação às perguntas de resposta aberta, elas foram submetidas a uma análise de conteúdo e procedemos à sua categorização. Cada categoria é definida operacionalmente pelos seus indicadores, que foram sujeitos ao tratamento estatístico mais adequado. Os dados, à medida que foram tratados e em função da sua relevância, assumiram a forma de quadros e/ou gráficos. O programa informático utilizado foi a folha de cálculo Excel.

O pré-teste e o pós-teste foram, ainda, sujeitos ao teste não paramétrico Mann-Whitney. Para a sua obtenção foi usado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 12.0. O teste Mann-Whitney é aplicado quando duas ou mais amostras são independentes. No nosso caso, com a finalidade de verificar se existiam diferenças relativamente à aquisição de conhecimentos científicos entre o grupo experimental e o do controlo. O teste foi usado para um nível de significância de 0,05 ( $p < 0,05$ ).

Para Oliveira (2004), a designação de métodos ou testes não paramétricos “deve-se ao facto de estes não terem a pretensão de testar ou estimar parâmetros de uma dada distribuição, mas sim em estudar o ajustamento de certas funções aos dados, averiguar a independência ou comparar duas ou mais distribuições” (p.137). Segundo esta autora, existe ainda uma outra característica dos métodos não paramétricos, que é o facto da validade dos testes não estar dependente de hipóteses estabelecidas a priori, relativamente ao tipo de distribuição populacional.

### **6.2 Amostragem**

Segundo os investigadores Almeida e Pinto (1990) e Carmo e Ferreira (1998) existem dois grandes tipos de técnicas de amostragem: a probabilística e a não probabilística. As

amostras ditas probabilísticas “são seleccionadas de tal forma que cada um dos elementos da população tenha uma probabilidade real de ser incluído na amostra” (p. 192), enquanto que as amostras não probabilísticas “são seleccionadas de acordo com um ou mais critérios julgados importantes pelo investigador tendo em conta os objectivos do trabalho de investigação” (p. 193). No nosso caso trata-se de uma amostragem deste último tipo.

O local escolhido para a realização da investigação foi a escola a que pertence a investigadora. O facto de a investigadora estar familiarizada com a escola e de conhecer a professora que leccionou a Acústica, talvez tenha facilitado os contactos necessários para a implementação do trabalho de campo. Alguns autores, como, por exemplo, Quivy e Campenhoudt (1992) e Bodgan e Biklen (1994) consideram que o facto de o investigador conhecer o local onde se iniciará o trabalho de campo, a priori, não constituirá nem vantagem, nem desvantagem.

Para o estudo quasi-experimental que se pretendia aplicar, teríamos de ter duas turmas com características muito semelhantes e, além disso, leccionadas pela mesma professora. Assim, tivemos de recolher informações que nos permitissem verificar as condições anteriores. Depois da análise dos dados recolhidos e consequente reflexão, seleccionámos os alunos e a respectiva professora que iriam colaborar connosco.

Após este passo, e depois da confirmação da professora, contactámos o Conselho Executivo da Escola, na companhia desta, pedindo autorização para a realização da investigação. Decidimos entrar em contacto primeiro com a professora que iria leccionar a Acústica e só depois, então, com as instâncias superiores, conforme sugerem Bodgan e Biklen (1994). Este conselho justifica-se, segundo estes autores, porque “raramente é concedida uma autorização a nível superior sem ter lugar uma consulta aos níveis inferiores” (p. 117).

Dentro das amostras não probabilísticas, a técnica utilizada, quer na escolha da escola quer na escolha da professora, foi uma amostragem por conveniência, tal como é caracterizada por Carmo e Ferreira (1998). Segundo os autores, neste tipo de amostragem usa-se “um grupo de indivíduos que esteja disponível ou um grupo de voluntários” (p. 197).

Na presente investigação, o voluntariado foi por meio da professora que leccionou a Acústica nas duas turmas envolvidas e de uma outra – a observadora externa –, cujo papel era registar na grelha de observação os dados acerca da actividade cooperativa.

#### 6.2.1 Sujeitos de investigação

Os sujeitos de investigação foram os alunos de duas turmas do 8º ano de escolaridade, que frequentaram no ano lectivo 2004/2005 uma escola de Ensino Básico e Secundário do concelho de Sintra.

##### 6.2.1.1 Caracterização das turmas

A caracterização das turmas revestiu-se de grande importância, por se pretender seguir um plano quasi-experimental, que só seria possível se os dois grupos fossem equivalentes de modo a poder-se garantir a validade do estudo.

Pretendeu-se que a recolha de dados sobre as turmas fosse a mais rigorosa possível, recorrendo a fontes fidedignas. Numa primeira fase, para a caracterização das turmas, recolheram-se informações junto dos serviços da Secretaria da Escola e dos Directores de turma, que nos proporcionaram uma consulta aos Dossiers das respectivas turmas inclusive à classificação obtida no final do 7º ano, no ano lectivo 2003/2004, à disciplina de Ciências Físico-Químicas. Essa classificação foi expressa no quadro 17.

Quadro 17- Níveis obtidos pelos alunos no final do 7º ano, à disciplina de Ciências Físico-Químicas.

| Turmas<br>Níveis | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|------------------|----------------|--------|----------------|--------|
|                  | Nº             | %      | Nº             | %      |
| 1                | 0              | 0,00%  | 0              | 0,00%  |
| 2                | 6              | 21,43% | 4              | 14,81% |
| 3                | 17             | 60,71% | 19             | 70,37% |
| 4                | 4              | 14,29% | 4              | 14,81% |
| 5                | 1              | 3,57%  | 0              | 0,00%  |

Por outro lado, também recolhemos informações dos alunos através da aplicação de um questionário “Ajuda-me a conhecer-te”, construído segundo pressupostos defendidos por Estrela (1994). Este questionário constituído por perguntas abertas e fechadas incidiu sobre os seguintes aspectos:

- idade até Setembro de 2004;
- sexo;
- composição do agregado familiar;
- estrato sócio-económico a que pertencem os alunos;
- nível de instrução do agregado familiar;
- a ocupação dos tempos extra-curriculares;
- a vida escolar dos alunos (anexo II, pp. 925-927).

Numa segunda fase, a caracterização das turmas focalizou-se sobre os conhecimentos que os alunos possuíam sobre o tema da Acústica e patenteou-se a partir da análise dos resultados no pré-teste, a qual se encontra descrita na secção 7.3 do capítulo 7. Numa terceira fase, a caracterização das turmas incidiu na elaboração individual de um mapa de conceitos sobre o tema da Acústica, a partir de um conjunto de conceitos fornecidos. A análise destes mapas encontra-se relatada na secção 7.8.1.1 do capítulo 7.

Em seguida apresentamos a análise dos dados obtidos na primeira fase de caracterização das turmas.

### Questão 1. Identificação

A estrutura etária dos alunos que representam a amostra, encontra-se distribuída segundo o quadro 18.

Quadro 18- Idade dos alunos.

| Idade (anos) | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|--------------|----------------|--------|----------------|--------|
|              | Nº             | %      | Nº             | %      |
| 12           | 3              | 10,71% | 0              | 0,00%  |
| 13           | 21             | 75,00% | 10             | 37,04% |
| 14           | 4              | 14,29% | 13             | 48,15% |
| 15           | 0              | 0,00%  | 1              | 3,70%  |
| 16           | 0              | 0,00%  | 3              | 11,11% |

Como podemos observar, nas duas turmas a maioria dos alunos situa-se numa faixa etária compreendida entre os 13 e 14 anos. Assim, na turma A encontramos 89,29% dos discentes enquanto que na turma C encontramos 85,19% dos alunos com estas idades. Em particular, encontramos na turma C alunos com idade superior ao que é expectável encontrar neste nível de ensino, 3,7% com idade de 15 anos e 11,11% com idade de 16 anos. Em contrapartida, na turma A não existe nenhum aluno na faixa etária citada anteriormente, mas encontramos 10,71% dos alunos que têm a idade de 12 anos. A média das idades na turma A é de 13,03, enquanto que a da turma C é de 13,88.

Relativamente ao sexo, a turma A, constituída por 28 alunos, tem 12 elementos do sexo feminino e 16 do sexo masculino. A turma C, constituída por 27 alunos, possui 16 elementos do sexo feminino e 11 elementos do sexo masculino. Estes dados estão expressos no quadro 19.

Quadro 19 – Sexo dos alunos.

| Sexo      | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|-----------|----------------|--------|----------------|--------|
|           | Nº             | %      | Nº             | %      |
| Feminino  | 12             | 42,86% | 16             | 59,26% |
| Masculino | 16             | 57,14% | 11             | 40,74% |

## Questão 2. Agregado familiar

### 2.1 Composição do agregado familiar

No quadro 20 indicamos os dados recolhidos acerca da composição do agregado familiar dos alunos da amostra.

Quadro 20- Composição do agregado familiar.

| Agregado familiar | Turma A (N=28) |         | Turma C (N=27) |        |
|-------------------|----------------|---------|----------------|--------|
|                   | Nº             | %       | Nº             | %      |
| Pai               | 21             | 75,00%  | 20             | 74,07% |
| Mãe               | 28             | 100,00% | 21             | 77,78% |
| Padastro          | 3              | 10,71%  | 1              | 3,70%  |
| Irmão/Irmã        | 22             | 78,57%  | 23             | 85,19% |
| Avó               | 1              | 3,57%   | 1              | 3,70%  |
| Tia/o             | 1              | 3,57%   | 3              | 11,11% |
| Primo/a           | 1              | 3,57%   | 4              | 14,81% |

Pela análise dos dados do quadro podemos verificar que o agregado familiar nas duas turmas é constituído, de um modo geral, pelo pai, mãe e irmãos.

Em relação ao número de irmãos, por aluno, em cada uma das turmas, estes encontram-se distribuídos do seguinte modo:

Quadro 21 – Número de irmãos por aluno.

|    | Nº de irmãos |   |   |
|----|--------------|---|---|
|    | 1            | 2 | 3 |
| TC | 8            | 3 | 3 |
| TA | 21           | 1 | 0 |

Como podemos observar, na TA existem 21 alunos, cada um com um irmão, enquanto na TC existem, apenas, 8 alunos nessas condições.

### 2.2 Caracterização dos membros do agregado

As expectativas que os encarregados de educação têm relativamente à escola, e que se irá reflectir nos seu educandos, é uma questão cultural, que terá a ver mais a ver com o nível

de instrução do que propriamente com o económico. Daí o ter-se recolhido informação acerca do nível de instrução dos encarregados de educação e dos demais elementos que fazem parte do agregado familiar dos alunos. Nesta recolha de informação procurou-se seguir a tipologia de classificação social usada por Gomes (1987) do Departamento de Sociologia da Educação e Administração educacional do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho, que contempla o nível de instrução e a profissão.

No quadro 22 indicamos as habilitações académicas do agregado familiar.

Quadro 22- Habilitações académicas do agregado familiar.

|              | Pai   |       | Padrasto |      | Mãe   |       | Irmão |       | Avó  |      | Tia/o |       | Primo/a |       |
|--------------|-------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|---------|-------|
|              | TA    | TC    | TA       | TC   | TA    | TC    | TA    | TC    | TA   | TC   | TA    | TC    | TA      | TC    |
| Não sabe ler | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%     | 0,0% | 0,0%  | 0,0%  | 18,2% | 26,1% | 100% | 0,0% | 0,0%  | 0,0%  | 0,04%   | 0,0%  |
| 1º E.B.      | 4,8%  | 20,0% | 0,0%     | 0,0% | 3,6%  | 19,1% | 22,7% | 30,4% | 0,0% | 100% | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%  |
| 2º E.B.      | 0,0%  | 10,0% | 0,0%     | 0,0% | 7,1%  | 9,5%  | 9,1%  | 4,4%  | 0,0% | 0,0% | 0,0%  | 33,3% | 0,0%    | 25,0% |
| 3º E.B.      | 28,6% | 30,0% | 66,7%    | 100% | 17,9% | 42,9% | 9,1%  | 4,4%  | 0,0% | 0,0% | 0,0%  | 66,7% | 0,0%    | 50,0% |
| E.Sec.       | 42,9% | 35,0% | 0,0%     | 0,0% | 42,9% | 23,8% | 9,1%  | 26,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%    | 25,0% |
| E.Sup.       | 23,8% | 5,0%  | 33,3%    | 0,0% | 28,6% | 4,8%  | 31,8% | 8,7%  | 0,0% | 0,0% | 100%  | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%  |

Verifica-se que em relação ao Pai, na turma A e na turma C, o nível de instrução mais elevado corresponde ao Ensino Secundário, respectivamente 42,9% e 35,0%. Na turma A 23,8% dos Pais possuem como habilitação académica o Ensino Superior, enquanto que na turma C apenas 5% possuem esta habilitação.

Em relação ao Padrasto na turma A, as habilitações dividem-se entre o 3º Ciclo do Ensino Básico (66,7%) e o Ensino Superior (33,3%). Quanto à turma C a habilitação académica restringe-se ao 3º Ciclo do Ensino Básico.

No que se refere às Mães, na turma A constata-se que a maioria possuem como habilitação académica o Ensino Secundário (42,9%) e na outra turma essa habilitação recai no 3º Ciclo do Ensino Básico, curiosamente com a mesma percentagem, 42,9%. Apenas 28,6% das mães da turma A têm como habilitação académica o grau superior contra 4,8% na turma C.



Relativamente aos irmãos, a grande maioria, em ambas as turmas são estudantes, abrangendo os vários graus de ensino. Nas duas turmas, os irmãos que não sabem ler têm idade inferior a 6 anos.

Quanto à profissão dos elementos que compõem o agregado familiar, a caracterização para cada aluno, de ambas as turmas, encontra-se em pormenor no anexo II (p. 928). Os respectivos resultados são apresentados no quadro 23 segundo a posição social a que pertencem.

Quadro 23 – Caracterização socioeconómica das turmas.

|                              |              | Pai |    | Padrasto |    | Mãe |    | Avós |    | Tio/a |    |
|------------------------------|--------------|-----|----|----------|----|-----|----|------|----|-------|----|
|                              |              | TC  | TA | TC       | TA | TC  | TA | TC   | TA | TC    | TA |
| Posição Social               |              | Nº  | Nº | Nº       | Nº | Nº  | Nº | Nº   | Nº | Nº    | Nº |
| PS1- Classe Alta             |              | 0   | 2  | 1        | 0  | 1   | 3  | 0    | 0  | 0     | 1  |
| PS2- Classe Média-Alta       |              | 2   | 2  | 0        | 2  | 0   | 4  | 0    | 0  | 1     | 0  |
| PS 3- Classe Média Baixa     |              | 8   | 10 | 0        | 3  | 8   | 9  | 0    | 0  | 0     | 0  |
| PS4- Classe Operária e Rural |              | 9   | 5  | 0        | 1  | 12  | 12 | 0    | 0  | 1     | 0  |
| Outra                        | Reformado    | 0   | 1  | 0        | 0  | 0   | 1  | 0    | 1  | 0     | 0  |
|                              | Desempregado | 0   | 1  | 0        | 0  | 1   | 0  | 0    | 0  | 0     | 0  |
| Não responde                 |              | 1   | 0  | 0        | 0  | 0   | 0  | 1    | 0  | 1     | 0  |

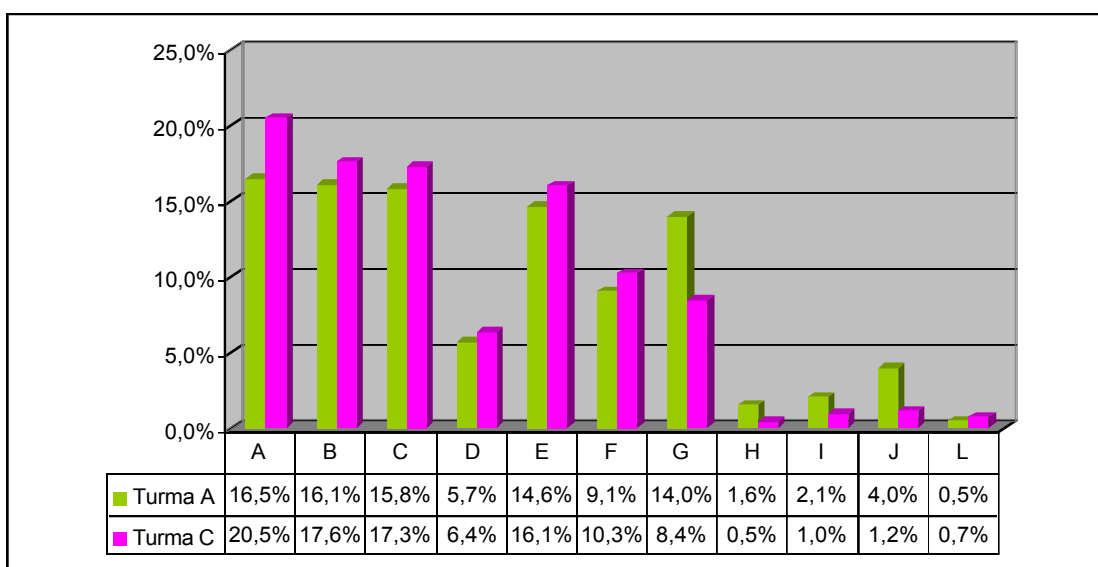
Pela análise dos dados podemos verificar que na turma A a posição social do Pai situa-se, sobretudo, na Classe Média, enquanto que, na outra turma localiza-se na Classe Operária-Rural. Quanto à posição socioeconómica da Mãe, na turma A situa-se, principalmente, na Classe Média e na turma C na Classe Operária-Rural.

No quadro 23 não se indicam as posições sociais dos primos dos alunos das duas turmas pelo facto de todos eles serem estudantes. Quanto aos irmãos dos alunos, na turma C, também, todos eles estudam, bem como os da maioria dos alunos da turma A.

### Questão 3. Ocupação dos tempos extra-escolares

#### 3.1 Tipos de actividades praticadas e a respectiva periodicidade

Nos dias úteis, as actividades praticadas pelos alunos encontram-se distribuídas segundo o gráfico 1.

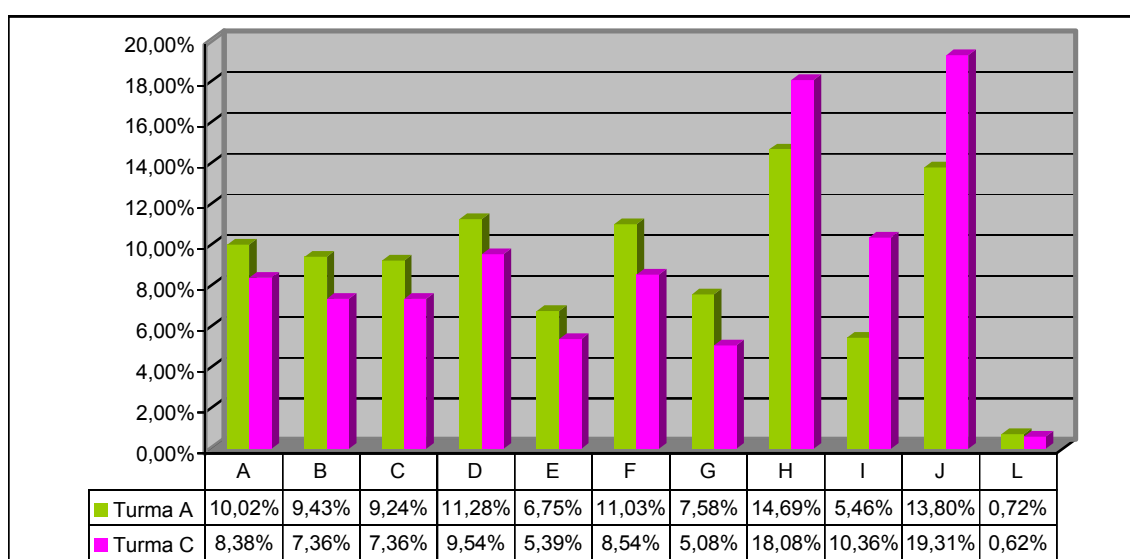


Legenda: A- Ver televisão; B- Ouvir música; C- Conversar com os amigos; D- Ler; E- Fazer o trabalho escolar; F- Ajudar os pais; G- Praticar desporto; H- Ir ao cinema ou ao teatro; I- Ir à praia ou à piscina; J- Visitar amigos ou parentes; L- Outras.

Gráfico 1- Actividades praticadas nos dias úteis.

A actividade mais praticada pelos alunos de ambas as turmas é a actividade A (ver televisão). Curiosamente, a actividade E (fazer o trabalho escolar) é apenas referida por 14,6% dos alunos da turma A e 16,1% dos alunos da turma C. A actividade L (outras) mencionada pelos alunos da turma A refere-se à utilização do “computador”, enquanto que os alunos da turma C a aludem como “passear”.

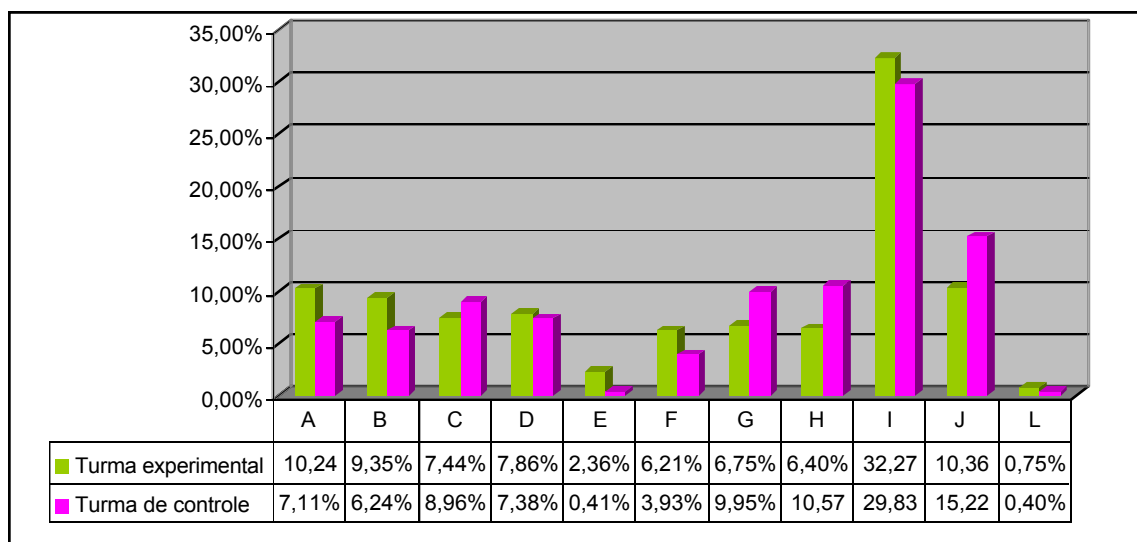
Nos fins-de-semana as actividades praticadas pelos alunos das turmas A e C estão indicadas no gráfico 2.



Legenda: A- Ver televisão; B- Ouvir música; C- Conversar com os amigos; D- Ler; E- Fazer o trabalho escolar; F- Ajudar os pais; G- Praticar desporto; H- Ir ao cinema ou ao teatro; I- Ir à praia ou à piscina; J- Visitar amigos ou parentes; L- Outras.

Gráfico 2- Actividades praticadas nos fins-de-semana.

As actividades mais praticadas nos fins-de-semana nas duas turmas são as actividades H (ir ao cinema ou ao teatro) e J (visitar amigos ou parentes), respectivamente 14,69% e 18,08%; 13,8% e 19,31%. Os alunos da turma A assinalam a escolha da letra L (outras) indicando actividades relacionadas com os escuteiros e a utilização do computador. Os alunos da turma C mencionam o passear.



Legenda: A- Ver televisão; B- Ouvir música; C- Conversar com os amigos; D- Ler; E- Fazer o trabalho escolar; F- Ajudar os pais; G- Praticar desporto; H- Ir ao cinema ou ao teatro; I- Ir à praia ou à piscina; J- Visitar amigos ou parentes; L- Outras.

Gráfico 3- Actividades praticadas nas férias.

As actividades mais praticadas nas férias em ambas as turmas são as actividades I (ir à praia ou à piscina) e J (visitar amigos ou parentes), respectivamente 32,27% e 29,83%; 10,36% e 15,22%. Os alunos da turma A assinalam a escolha da letra L (outras) indicando actividades relacionadas com os “escuteiros” e a “utilização do computador”. Os alunos da turma C referem o “passear”.

### 3.2 Visualização de programas televisivos relacionados com a ciência

Relativamente ao facto de os alunos terem por hábito assistirem na televisão a programas relacionados com a ciência, as respostas dadas estão distribuídas de acordo com o gráfico 4.

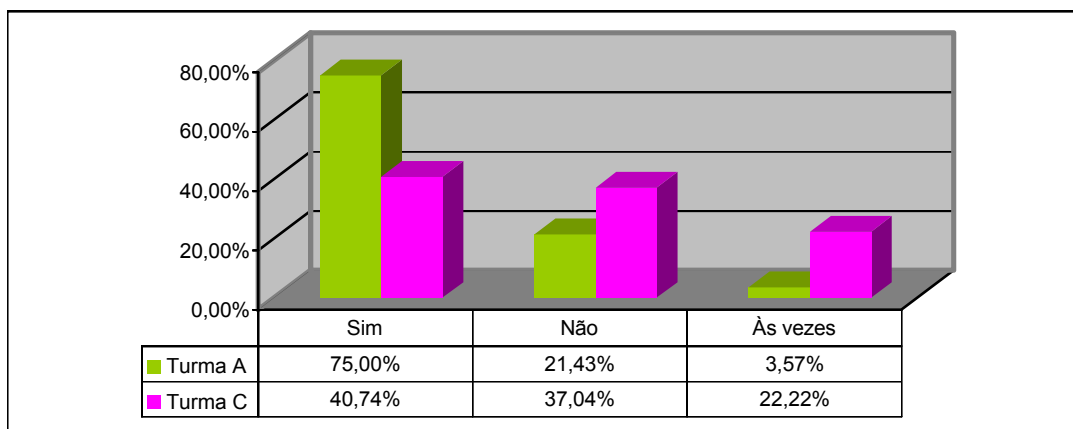


Gráfico 4- Programas relacionados com a ciência.

Como podemos constatar tanto na turma A como na turma C a maior percentagem das respostas dos alunos (75,00% e 40,74%, respectivamente) recaíram na afirmação positiva da observação dos programas relacionados com a ciência.

O gráfico 5 apresenta a distribuição dos motivos referidos pelos alunos acerca da pertinência da observação na televisão de programas relacionados com a ciência.

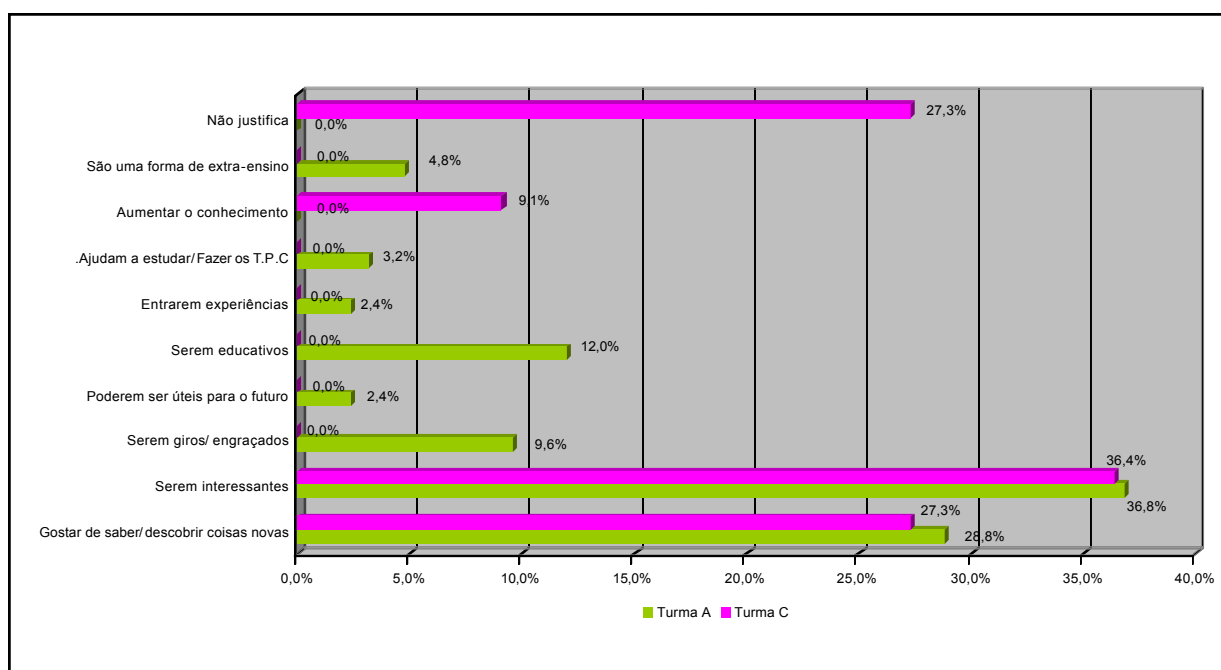


Gráfico 5- Motivos da observação na televisão de programas relacionados com a ciência.

As razões apontadas pelos alunos nas turmas A e C que justificam a pertinência da observação de programas na televisão relacionados com a ciência foram o facto de “serem

*interessantes*”, “o gosto de saber/descobrir coisas novas”, respectivamente 36,8% e 36,4%; 28, 8% e 27,3%. Existem, ainda, 27,3% dos alunos da turma C que não justificam o motivo da observação dos programas sobre ciência na televisão.

Outros ainda apresentam as razões que consideram pertinentes para não sentirem motivação para observarem este tipo de programas. Estas são traduzidas no gráfico 6.

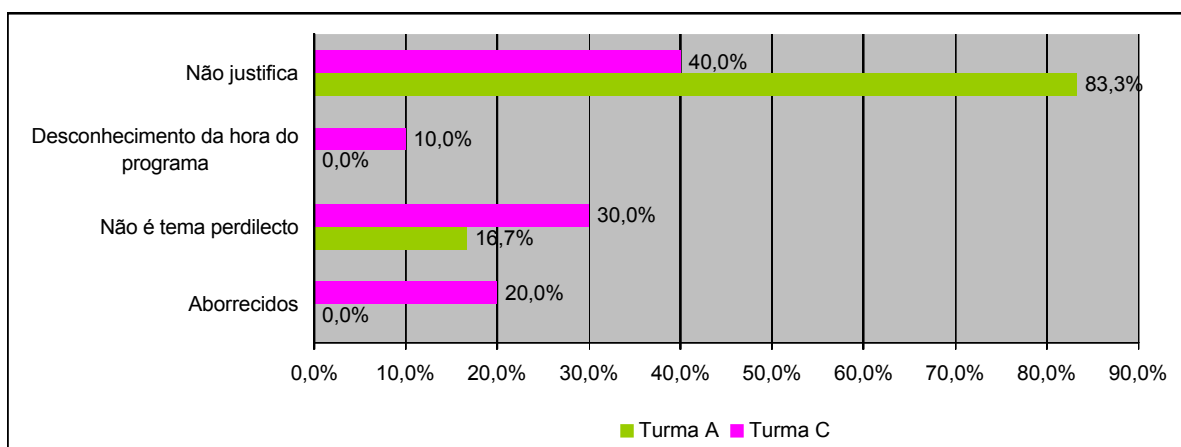


Gráfico 6- Motivo pela qual os alunos não vêem na televisão programas relacionados com a ciência.

Como podemos constatar, nas turmas A e C existe uma grande percentagem de alunos que não justificam o facto de não verem esses programas, respectivamente 83,3% e 40,0%. Por outro lado, o motivo principal dado pelos discentes das duas turmas é o facto de o tema não ser o “predilecto”.

Quanto às razões que levam os alunos nas duas turmas a verem “às vezes” esses programas, são as indicadas no gráfico 7.

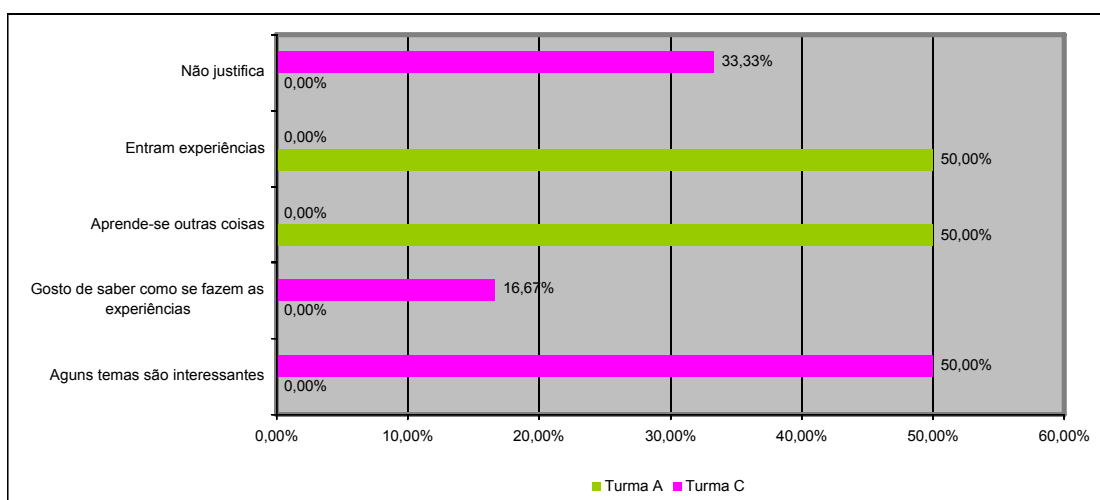


Gráfico 7- Motivo pela qual os alunos vêem, por vezes, na televisão programas relacionados com a ciência.

Pela análise dos dados podemos verificar as razões apresentadas pela turma A terem a ver com o “entrar experiências”, no sentido de realização de experiências; “aprende-se outras coisas” e na turma C “alguns temas interessantes” e “gostar de saber como se fazem as experiências”.

#### Questão 4. Vida escolar

##### 4.1 Retenções ao longo do percurso escolar

As retenções dos alunos no percurso escolar, caso existam, encontram-se distribuídas pelo gráfico 8.

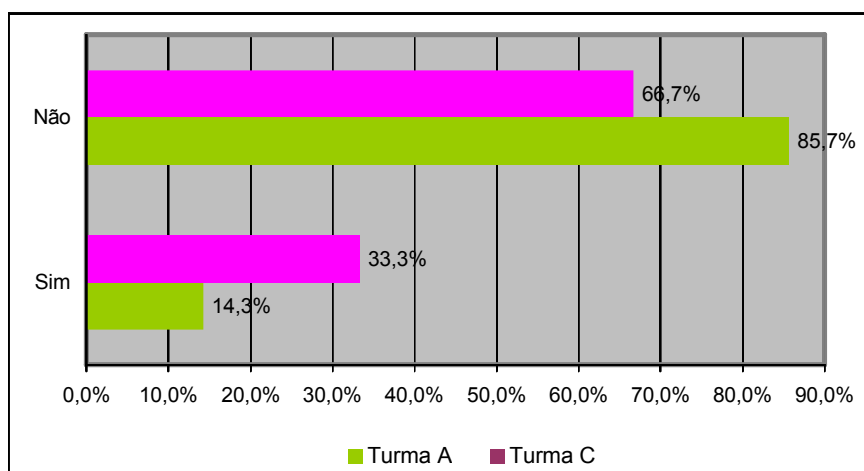


Gráfico 8- Retenções dos alunos.

Face aos dados do gráfico 8, podemos constatar que nas turmas A e C existe um número reduzido de retenções, respectivamente 14,3% e 33,3%.

##### 4.2 Anos de retenções e frequência das mesmas

Relativamente às retenções dos alunos nas turmas envolvidas no estudo, estas encontram-se distribuídas no gráfico 9.

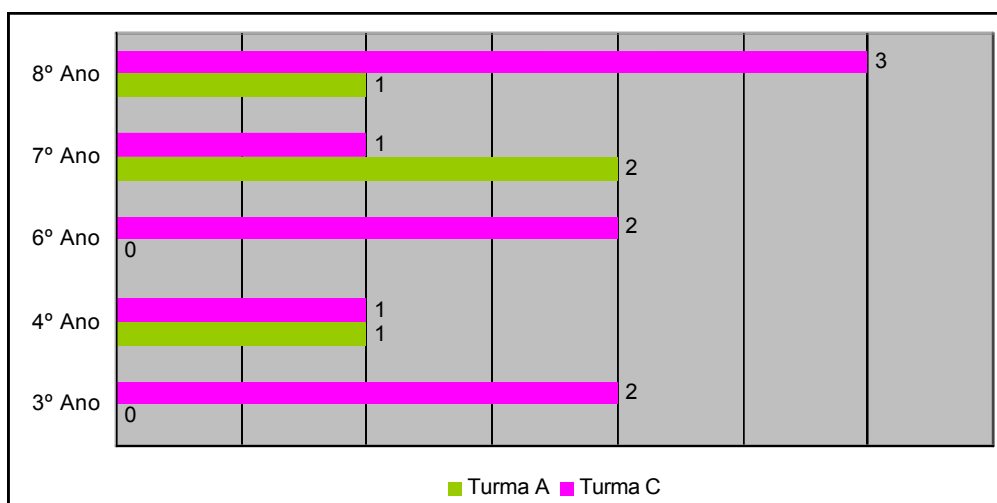


Gráfico 9- Número de retenções por ano de escolaridade.

Da análise dos dados observamos que no gráfico 9 na turma C o número de retenções foi maior no 8º ano, enquanto que na turma A o maior número de retenções verificou-se no 7º ano de escolaridade, com 2 alunos.

#### 4.3 Principais causas atribuídas às retenções

Quanto às razões das retenções, os alunos mencionam as indicadas no gráfico 10.

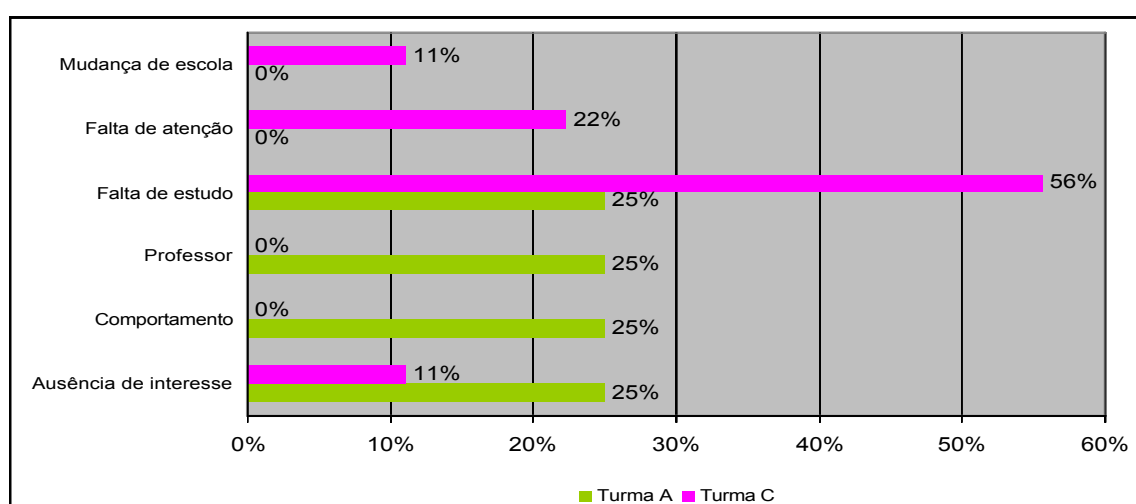


Gráfico 10- Razões das retenções.

Analisando os dados observa-se que a razão principal atribuída pelos alunos da turma C foi a “falta de estudo”, respectivamente 56%. Quanto à turma A as razões apresentadas foram equitativamente distribuídas por “ausência de interesse”, “comportamento”, “professor”, com 25%. Curiosamente a falta de atenção foi apenas mencionada por 22% dos alunos na turma C.

#### 4.4 Atributos que os professores mais apreciam nos alunos

Quanto aos atributos que os professores mais apreciam nos alunos, estes encontram-se indicados no quadro 24.

Quadro 24 – Atributos que os professores mais apreciam nos alunos.

| Categoria           | Subcategorias   | Unidades de significado                                  | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|---------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|----------------|--------|----------------|--------|
|                     |                 |                                                          | Nº             | %      | Nº             | %      |
| Atributo dos alunos | Comportamento   | A atenção                                                | 4              | 5,88%  | 4              | 7,55%  |
|                     |                 | A disciplina                                             | 14             | 20,59% | 13             | 24,53% |
|                     | Aproveitamento  | A classificação                                          | 5              | 7,35%  | 3              | 5,66%  |
|                     |                 | A aplicação                                              | 4              | 5,88%  | 0              | 0,00%  |
|                     | Postura         | A participação                                           | 5              | 7,35%  | 3              | 5,66%  |
|                     |                 | A colocação de dúvidas                                   | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     | Empenho         | O interesse                                              | 9              | 13,24% | 18             | 33,96% |
|                     | Formação        | A educação                                               | 3              | 4,41%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | A atitude                                                | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     |                 | O valor                                                  | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     | Características | A pontualidade                                           | 2              | 2,94%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | A organização                                            | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     |                 | O respeito                                               | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     |                 | A inteligência                                           | 3              | 4,41%  | 6              | 11,32% |
|                     |                 | A assiduidade                                            | 1              | 1,47%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | A comunicação                                            | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     |                 | A simpatia                                               | 3              | 4,41%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | A personalidade                                          | 1              | 1,47%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | A compreensão                                            | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     | Relacionamento  | A cooperação com os colegas                              | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |
|                     |                 | O relacionamento entre prof/aluno                        | 2              | 2,94%  | 0              | 0,00%  |
|                     | Indiferença     | Não sabe                                                 | 3              | 4,41%  | 1              | 1,89%  |
|                     |                 | O professor tem o direito de desejar o que quer do aluno | 1              | 1,47%  | 0              | 0,00%  |

Os atributos que os professores mais apreciam nos alunos, segundo os discentes das turmas envolvidas no estudo estão relacionados com o comportamento, nomeadamente a



disciplina, na turma A afirmam-no 20,59% de alunos e na turma C 24,53% de alunos; o empenho, especificamente o interesse, na turma A mencionam-no 13,24% dos alunos, na turma C 33,96%. O terceiro atributo mais valorizado pelos alunos da turma C é a inteligência, 11,32%, enquanto que na turma A esse factor é referido por 4,41% dos discentes.

O relacionamento entre professor-aluno apenas é mencionado por 2,94% dos alunos da turma A, enquanto que para os alunos da outra turma este factor não é mencionado.

#### 4.5 Atributos que os alunos mais apreciam nos professores

Relativamente aos atributos que os alunos mais apreciam nos professores estes são apresentados no quadro 25.

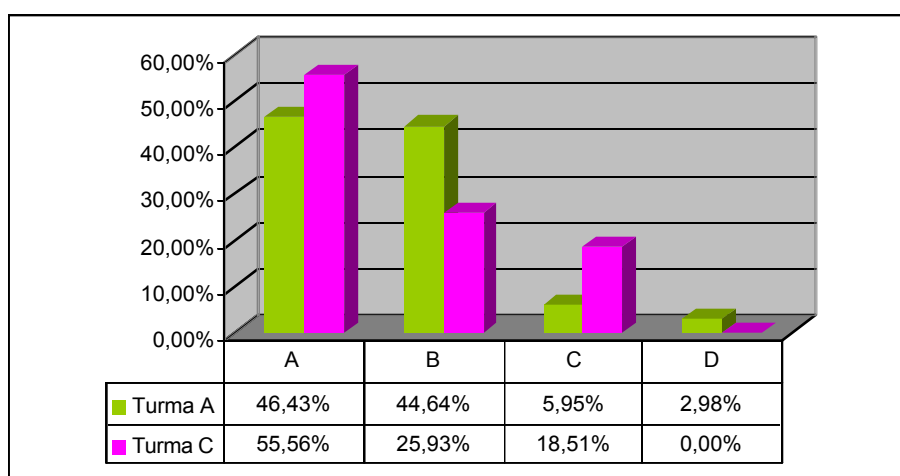
Quadro 25 – Atributos que os alunos mais apreciam nos professores.

| Categoria                 | Subcategorias   | Unidades de significado               | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------|--------|----------------|--------|
|                           |                 |                                       | Nº             | %      | Nº             | %      |
| Atributos dos professores | Perícia         | O modo de explicar a matéria          | 11             | 15,94% | 15             | 31,25% |
|                           |                 | A forma de ensinar                    | 6              | 8,70%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O esclarecer de dúvidas               | 3              | 4,35%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | A experiência profissional            | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           | Características | A simpatia                            | 19             | 27,54% | 9              | 18,75% |
|                           |                 | O ser divertido                       | 5              | 7,25%  | 3              | 6,25%  |
|                           |                 | A amizade                             | 2              | 2,90%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O gostar dos alunos                   | 0              | 0,00%  | 5              | 10,42% |
|                           |                 | O ser compreensível                   | 7              | 10,14% | 4              | 8,33%  |
|                           |                 | O ser atencioso                       | 2              | 2,90%  | 3              | 6,25%  |
|                           |                 | O ser justo                           | 2              | 2,90%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O não ser muito rígido                | 1              | 1,45%  | 3              | 6,25%  |
|                           |                 | O ser criativo                        | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O respeitar os alunos                 | 2              | 2,90%  | 0              | 0,00%  |
|                           | Metodologia     | O deixar sair mais cedo               | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O não marcar muitos trabalhos de casa | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | A existência de várias actividades    | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | O não gritar na aula                  | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           |                 | A organização                         | 0              | 0,00%  | 1              | 2,08%  |
|                           |                 | A aula não ser monótona               | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           | Formação        | O serem educados                      | 1              | 1,45%  | 0              | 0,00%  |
|                           | Motivação       | O gosto de ensinar                    | 0              | 0,00%  | 2              | 4,17%  |
|                           | Outra           | A maneira de ser                      | 0              | 0,00%  | 1              | 2,08%  |
|                           |                 | Não responde                          | 1              | 1,45%  | 2              | 4,17%  |

Da análise do quadro anterior constatamos que as qualidades que os alunos da turma C mais apreciam nos professores têm a ver com o modo como o professor explica a matéria, 31,25%, enquanto que para os alunos da turma A este factor é considerado como a segunda maior qualidade do professor, 15,94%.

#### 4.6 Processos de trabalho mais apreciado na sala de aula

Quanto ao tipo de trabalho mais apreciado pelos alunos chegámos aos resultados que expressamos no gráfico 11.



Legenda: A – trabalho de grupo; B- trabalho experimental; C- trabalho individual; D- outro tipo.

Gráfico 11- Processo de trabalho mais apreciado pelos alunos em sala de aula.

O trabalho mais apreciado pelos alunos das turmas A e C é o trabalho de grupo, 46,43% e 55,56%. Segue-se o trabalho experimental, 44,64% e 25,93%, respectivamente. A escolha D deveu-se na turma A à indicação da “visualização de vídeos, acetatos, jogos, trabalhos de pesquisa”.

#### 4.7 Principais razões que levam os alunos a participarem na sala de aula

Quanto às razões que levam os alunos a participar na sala de aula, estes consideram aspectos relacionados, essencialmente, com a avaliação, o conhecimento, o interesse, a aprendizagem, o professor e a comunicação, conforme se indica no quadro 26.

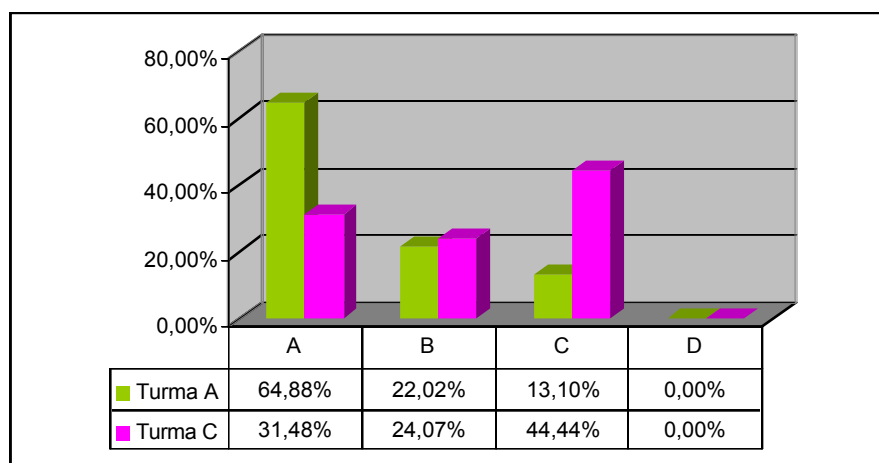
Quadro 26 – Razões de participação dos alunos na sala de aula.

| Categoria                    | Subcategorias | Unidades de significado        | Turma A (N=28) |        | Turma C (N=27) |        |
|------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------|--------|----------------|--------|
|                              |               |                                | Nº             | %      | Nº             | %      |
| Participação na sala de aula | Avaliação     | Melhorar as notas              | 12             | 26,67% | 9              | 25,00% |
|                              |               | Ser obrigatório                | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | Para passar o ano              | 0              | 0,00%  | 3              | 8,33%  |
|                              |               | Testar os conhecimentos        | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | Mostrar que sou boa aluna      | 0              | 0,00%  | 2              | 5,56%  |
|                              |               | O não contar apenas os testes  | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              | Conhecimento  | O saber a resposta             | 6              | 13,33% | 0              | 0,00%  |
|                              |               | O perceber a matéria           | 7              | 15,56% | 5              | 13,89% |
|                              | Motivação     | Gostar de participar           | 4              | 8,89%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | Estar de bom humor             | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | Gostar da matéria              | 4              | 8,89%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | O assunto ser interessante     | 0              | 0,00%  | 5              | 13,89% |
|                              |               | Para as aulas serem motivantes | 0              | 0,00%  | 2              | 5,56%  |
|                              |               | Para a aula passar mais rápido | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | Ser divertido                  | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              | Aprendizagem  | Para aprender mais coisas      | 3              | 6,67%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | O não perceber a matéria       | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              | Professor     | Ser compreensivo               | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | Ser justo                      | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | Ser engraçado                  | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              |               | Ser simpático                  | 1              | 2,22%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | O modo como explica            | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              |               | O ensinar brincando            | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |
|                              | Outra         | Não responde                   | 0              | 0,00%  | 2              | 5,56%  |
|                              |               | Para um dia ser alguém na vida | 0              | 0,00%  | 1              | 2,78%  |
|                              | Comunicação   | O expressar as ideias          | 1              | 2,22%  | 0              | 0,00%  |

Pela análise dos dados podemos verificar que para as turmas A e C a principal razão de participação será “melhorar as notas”, respectivamente 26,67% e 25%. A segunda razão, para a turma A prende-se com o facto de o “perceber a matéria”, 15,56%, enquanto que na turma C, esta mesma ideia é manifestada por 13,89% dos alunos. Para esta turma a mesma percentagem de alunos defendem outra ideia, “o assunto ser interessante”, facto não considerado relevante para os alunos da turma A, que preferem participar quando gostam da matéria ou então participam pelo gosto de participar, aludem 8,89%.

#### 4.8 Quando os alunos estudam

Relativamente ao facto da altura em que os alunos das turmas A e C estudam, estes afirmaram que o fazem diariamente, aos fins-de-semana e nas vésperas dos testes, distribuição expressa no gráfico 12.



Legenda: A – Diariamente; B- Fins-de-semana; C- Véspera dos testes; D- Raramente.

Gráfico 12– Frequência do estudo.

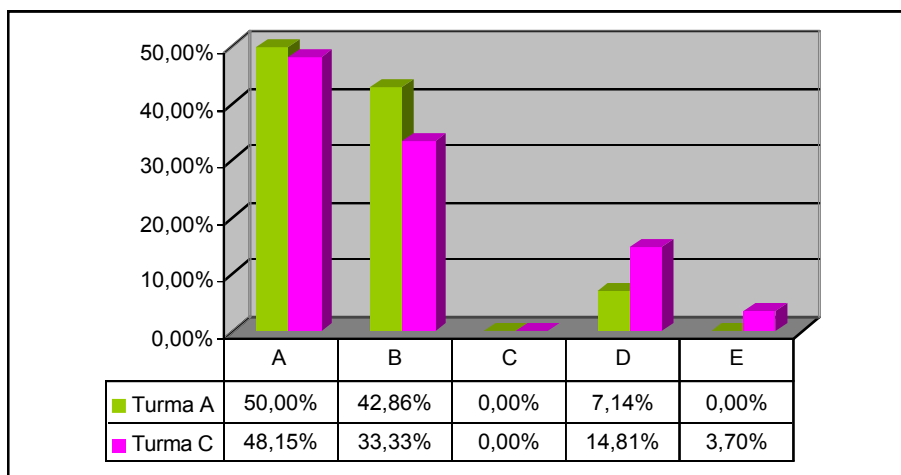
Da observação do gráfico anterior verifica-se que a maioria dos discentes da turma A, 64,88% estudam diariamente, enquanto que na turma C, apenas 31,48% dos alunos. Um grande número de alunos da turma C (44,44%) estudam na véspera dos testes e apenas 13,10% dos alunos da turma A o fazem.

#### 4.9 Conversa em casa sobre os estudos e a escola

Quanto ao conversar em casa sobre os estudos ou a própria escola, as respostas dos alunos levaram-nos ao gráfico 13, indicado na página seguinte.

Os alunos de ambas as turmas afirmaram que existe uma altura do ano lectivo em que nunca conversam sobre estes assuntos, que é no final do período. Em antítese observamos que nas

turmas A e C os alunos mencionam que esse tipo de assunto é abordado diariamente em casa, 50,00% e 48,15%, respectivamente.



Legenda: A – Diariamente; B- Às vezes; C- No final do período; D- Raramente; E- Nunca.

Gráfico 13– Altura da conversa em casa sobre os estudos e a escola.

#### 4.10/4.11 Ajuda em casa e os sujeitos que ajudam

Quanto ao facto se alguém em casa ajuda o respectivo educando, as respostas dos discentes estão expressas no quadro 27.

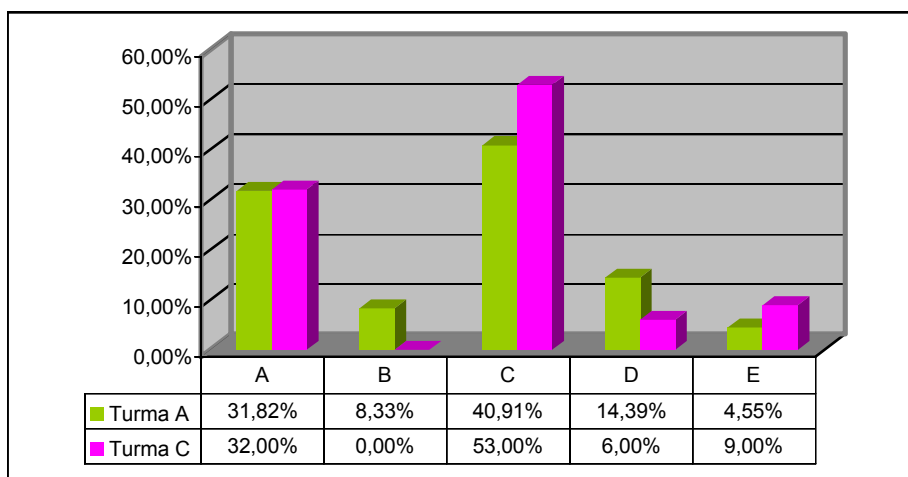
Quadro 27- Apoio aos alunos.

|         | Sim    | Não    |
|---------|--------|--------|
| Turma A | 78,57% | 21,43% |
| Turma C | 62,96% | 37,04% |

Nas duas turmas a grande maioria dos alunos tem ajuda em casa. O sujeito que auxilia o aluno em casa está indicado no gráfico 14, da página seguinte.

Face aos dados obtidos constatou-se que é a Mãe, que nas duas turmas, presta auxílio aos alunos nas tarefas escolares, afirmam-no 40,91% dos alunos da turma A e 53,00% da turma C. O segundo elemento mais referido pelos alunos de ambas as turmas foi o Pai,

respectivamente 31,82% e 32,00%. Em relação à opção E (outros sujeitos), os alunos da turma A indicaram a explicadora (4,55%) e na turma C a prima e os tios (9,00%).

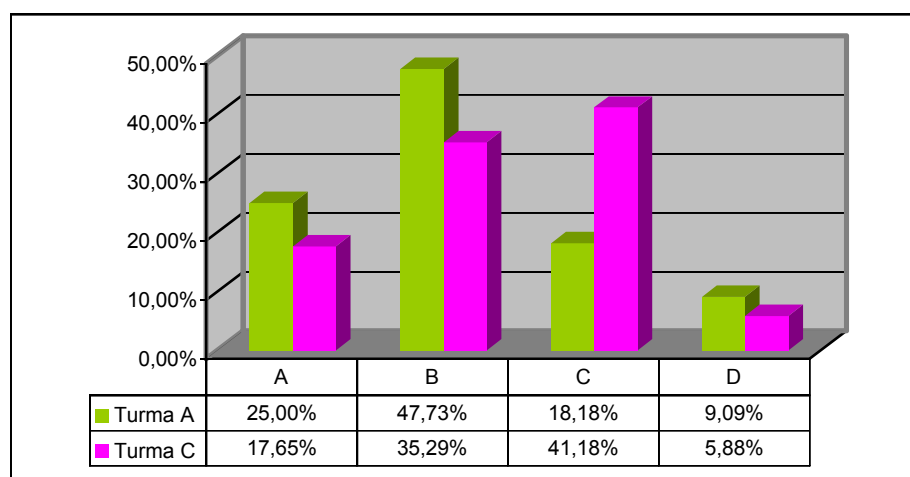


Legenda: A – Pai; B- Padrasto; C- Mãe; D- Irmã/Irmão; E- Outros.

Gráfico 14– Sujeitos que apoiam os alunos em casa.

#### 4.12 Periodicidade da ajuda

A periodicidade de ajuda prestada aos alunos das turmas A e C é referida por eles segundo o indicado no gráfico 15.



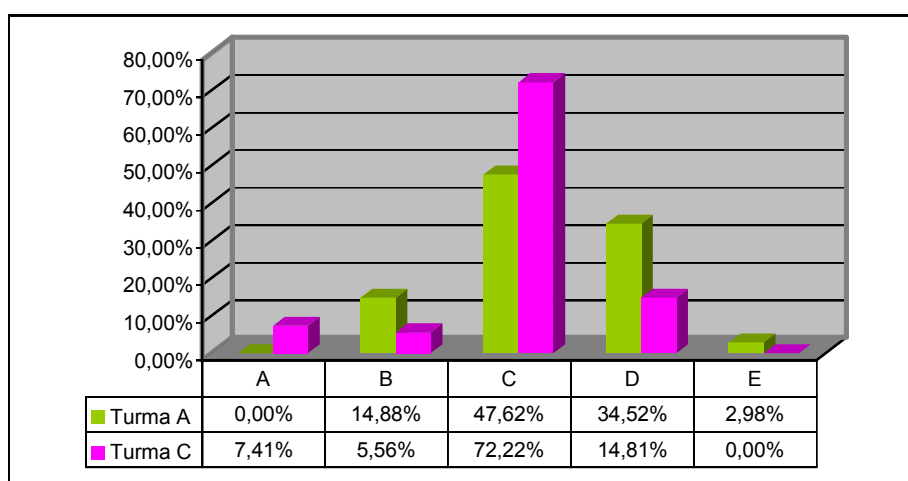
Legenda: A – Diariamente; B- Às vezes; C- Antes dos testes; D- Raramente.

Gráfico 15 – Periodicidade da ajuda.

Face aos dados recolhidos do gráfico 15, constatamos que na turma A a ajuda ocorre com maior frequência, às vezes, 47,73%, enquanto que na turma C a mesma ocorre, sobretudo antes dos testes, 41,18%.

#### 4.13 Principal motivo porque frequenta a escola

O principal motivo apontado pelos alunos pelo facto de andarem na escola é claramente evidenciado pelas suas respostas, que se encontram distribuídas no gráfico 16.



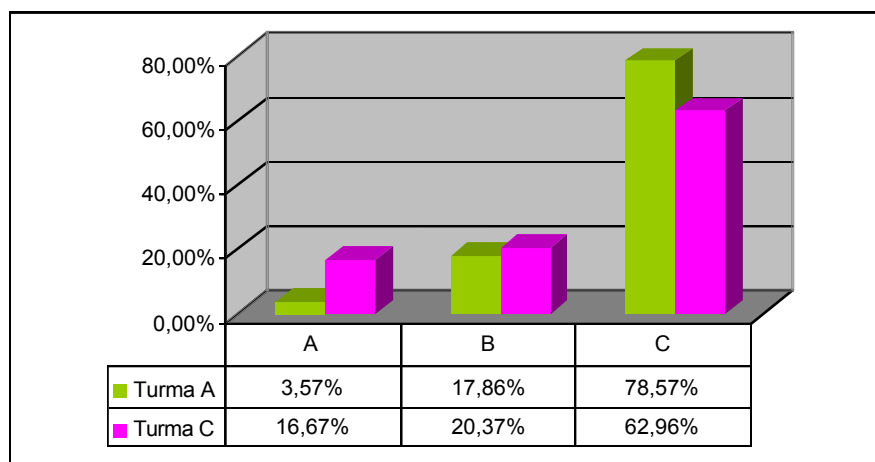
Legenda: A – Porque sou obrigado; B- Porque gosto do convívio; C- Porque apesar de não gostar de estudar, acho que a escola é importante para o meu futuro; D- Porque acho que na escola se aprende coisas importantes e além disso gosto de estudar; E- Outro motivo.

Gráfico 16– Principal motivo de andar na escola.

O principal motivo porque os estudantes andam na escola foi expresso pelos alunos das duas turmas, essencialmente, através da opção C (porque apesar de não gostar de estudar, acho que a escola é importante para o meu futuro), 47,62% e 72,22%.

#### 4.14 Percurso seguido após a conclusão do Ensino Básico

O percurso seguido pelos alunos após a conclusão do Ensino Básico é apresentado no gráfico 17.



Legenda: A – Trabalhar; B- Continuar os estudos até terminar o Ensino Secundário; C- Continuar os estudos até terminar o Ensino Superior.

Gráfico 17– Percurso seguido após a conclusão do Ensino Básico.

Pela análise do gráfico anterior podemos observar que os alunos nas duas turmas são unânimes em se posicionarem majoritariamente na opção C (continuar os estudos até terminar o Ensino Superior), concretamente na turma A, 78,57% e na turma C, 62,96%.

#### 4.15 Profissão pretendida

Questionados acerca da profissão pretendida, os alunos das duas turmas embora tenham indicado algumas profissões idênticas, a maior parte dos discentes, indicaram profissões distintas, conforme se pode constatar pela análise do gráfico 18, da página seguinte.

As profissões mais desejadas pelos alunos da turma C foram as de médico (17,7%), mecânico (14,7%), engenharia informática (14,7%), farmacêutica (11,8%) e educadora de



*infância* (11,8%). As profissões mais mencionadas pelos alunos da turma A foram as de veterinário, professora, piloto de fórmula 1, engenharia informática e astronomia, cada uma correspondendo a 7,7%. Contudo, existe ainda a profissão bióloga marinha mencionada por 5,9% dos alunos das duas turmas.

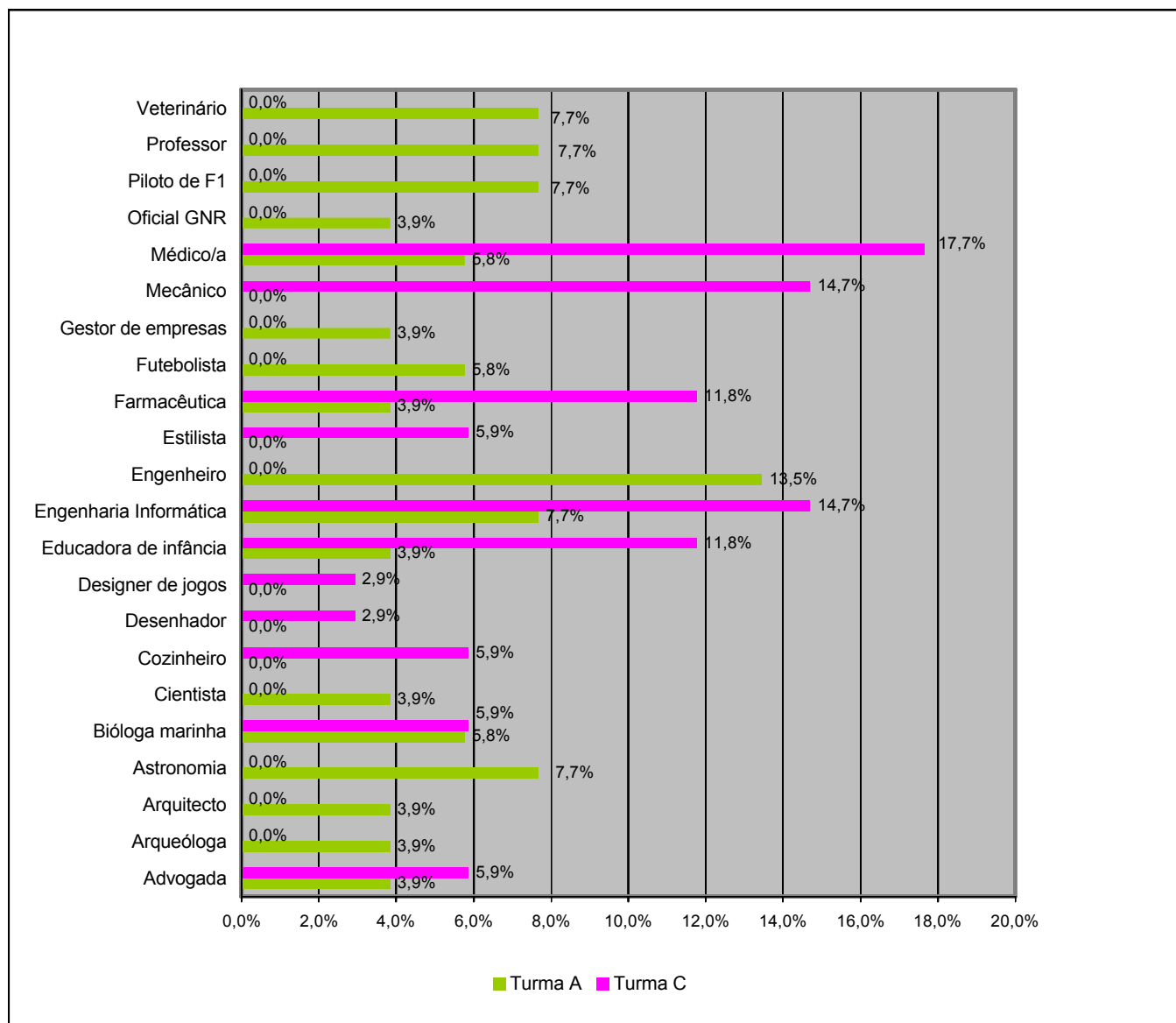


Gráfico 18– Profissões desejadas pelos alunos.

Em síntese, podemos afirmar que ao compararmos os dados recolhidos nas duas turmas se pode constatar que estas são bastante semelhantes.

As turmas A e C foram escolhidas para turma experimental (TE) e turma de controlo (TC), respectivamente, tendo por base a análise dos dados recolhidos no presente questionário, bem como, o estudo dos dados retirados no pré-teste e nos mapas conceptuais construídos pelos alunos, antes da leccionação da Acústica.

Apesar de se ter constatado que estas duas turmas apresentaram conhecimentos semelhantes acerca do tema da Acústica, a turma C apresentou um aproveitamento ligeiramente superior ao da turma A, pelo que optou-se por esta última turma ser a turma experimental. Este facto encontra-se justificado quando das análises do pré-teste e dos mapas conceptuais construídos pelos alunos, antes da leccionação da Acústica, apresentadas no capítulo 7.

#### 6.2.2 A identidade da escola

No sentido de evidenciar o contexto escolar em que se desenvolveu a investigação, recolhemos informações gerais junto do Conselho Executivo, da Secretaria e Junta de Freguesia acerca da escola e do meio envolvente. Assim, a escola situa-se na Freguesia de Monte Abraão, Concelho e Comarca de Sintra, Distrito, Relação e Diocese de Lisboa, de cujas sedes de Concelho e Distrito dista 14 Km e 12 Km. Com uma área próxima dos catorze mil metros quadrados, foi construída em 1985, num terreno de cultivo, substituindo, assim, uma imensa seara. Esta zona, outrora de veraneio e descanso da corte (localiza-se perto do Palácio de Queluz), foi até há mais de duas décadas uma povoação, considerada essencialmente rural, tendo contudo, nos últimos anos sofrido um franco crescimento urbanístico e demográfico resultado do grande desenvolvimento do Concelho de Sintra.

Monte Abraão é uma das mais antigas povoações do Concelho de Sintra e uma das freguesias mais recentemente criadas com 40 000 habitantes e uma área de 120 ha. Caracteriza-se fundamentalmente por ser uma zona “dormitório”, um dos lugares de residência da população que trabalha diariamente na capital.

A sua população activa residente distribui-se maioritariamente pelo sector terciário. As actividades económicas desenvolvidas são a Indústria, Comércio e Serviços.

A promulgação desta nova freguesia ocorreu no dia 12 de Julho de 1997, através do Decreto-lei nº 36/97, aprovado em reunião da Assembleia da República do dia 20/6/97.

A escola onde se desenvolveu o trabalho de campo serve a população escolar essencialmente de Monte Abraão, Massamá, Queluz, Belas e Barcarena.

Quando se visita esta escola é notório um ambiente familiar que aproxima alunos e professores, bem como os restantes elementos da população escolar. Evidencia-se um respeito pelas regras de funcionamento interno e um sentido de cumprimento de deveres por parte dos professores, alunos e auxiliares de acção educativa. Para este êxito muito contribuiu o excelente trabalho desenvolvido pelos vários órgãos da escola.

Inaugurada no ano lectivo de 1985/1986 apenas com o 7º ano de escolaridade, possuiu no ano lectivo de 2004/2005 uma população escolar de 1519 alunos, distribuída por 2 turnos lectivos de segunda-feira a sexta-feira, manhã e tarde, com turmas desde o 7º ao 12º ano de escolaridade, mediante a seguinte distribuição:

- 7º ano, 8 turmas num total de 224 alunos;
- 8º ano, 6 turmas num total de 168 alunos;
- 9º ano, 7 turmas num total de 157 alunos;
- 10º ano, 11 turmas num total de 303 alunos;
- 11º ano, 11 turmas num total de 255 alunos;
- 12º ano, 11 turmas num total de 412 alunos.

No 3º Ciclo do Ensino Básico, no 7º e 8º ano a média de alunos por turma é de 28, enquanto que no 9º ano a média é de 24, excepto numa turma de Currículos Alternativos que é constituída apenas por 13 alunos, que foi formada para dar resposta às necessidades e interesses de um grupo específico de população.

No Ensino Secundário, no 10º ano a média de alunos por turma é 28, excepto numa turma do 1º Agrupamento - Científico-Natural com a formação técnica de Electrónica constituída por 21 alunos.

No 11º ano o número de alunos por turma varia muito. Assim no 1º Agrupamento, 4 turmas têm em média 26 alunos enquanto que as outras duas têm 21 alunos, uma de formação técnica Electrónica e a outra do Curso Tecnológico de Electrotecnia/Electrónica. No Agrupamento 2 – Artes Visuais, a única turma existente é constituída por 16 alunos; no Agrupamento 3 – Económicas e Sociais, as duas turmas têm a média de 22 alunos, sendo uma do Curso Tecnológico de Administração e no Agrupamento 4 – Ciências Sociais e Humanas, as duas turmas têm a média de 21 alunos.

Também no 12º ano o número de alunos por turma, varia muito. Assim, no 1º Agrupamento Científico-Natural a média das turmas é de 32 alunos, enquanto que a turma do curso Tecnológico de Electrotecnia/Electrónica tem 13 alunos. No Agrupamento 2 a turma é constituída por 22 alunos, no Agrupamento 3 a média de alunos nas duas turmas é de 26 alunos e no Agrupamento 4, uma turma é formada por 11 alunos e a outra por 26 alunos. A diferença de alunos nestas duas últimas turmas tem a ver com a opção escolhida pelos alunos História ou Geografia.

Quanto ao corpo docente, a escola tem 160 professores incluindo 1 do ensino especial e uma orientadora escolar. Os professores encontram-se distribuídos por 20 grupos disciplinares, conforme se indica no gráfico seguinte.

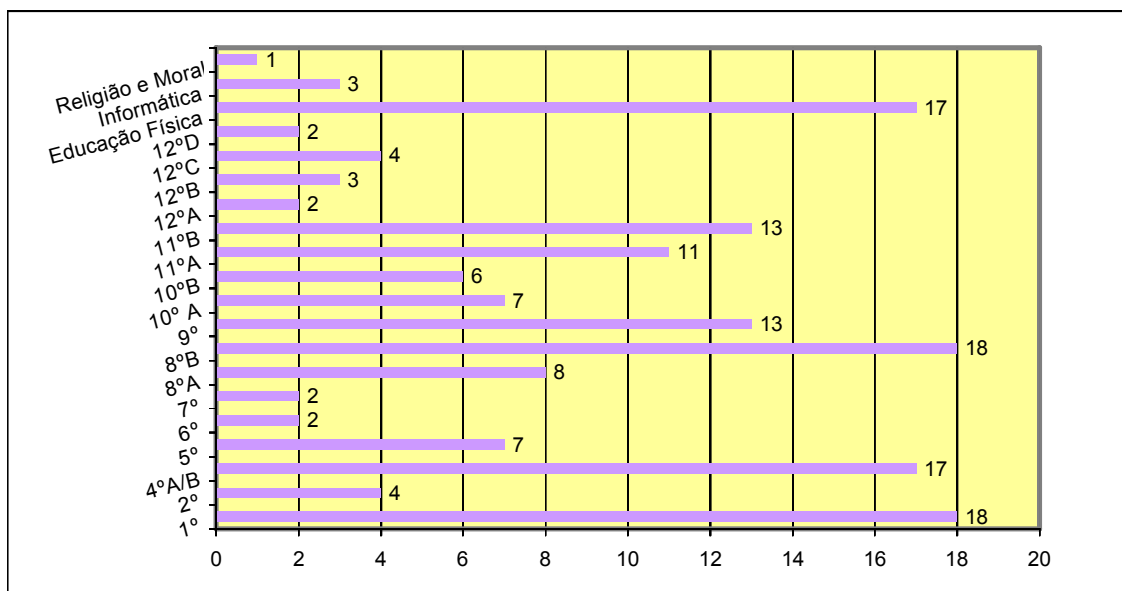


Gráfico 19 - Número de docentes por grupo disciplinar no ano lectivo 2004/2005.

Destes professores 14 são destacados, 25 são profissionalizados, 10 são do Quadro da Zona Pedagógica, 13 são estagiários e os restantes 98 são do Quadro de Nomeação Definitiva desta escola. Destes últimos a maior parte estão na escola há mais de onze anos. Quanto aos funcionários, existem na escola 23 auxiliares de acção educativa, 13 funcionários administrativos e 1 guarda-nocturno. O Conselho Executivo é constituído por 5 professores tendo sido eleito no final do ano lectivo de 2002/2003. O Presidente actual já tinha estado no Conselho Directivo desta escola em anos anteriores, assim como a maior parte dos elementos do mesmo.

A faixa etária da população escolar, especificamente alunos situa-se entre os 13 e 20 anos, os restantes elementos (docentes e funcionários) situam-se entre os 24 e 59 anos.

A habilitação académica dos professores consiste em 6 Mestres em Ciências da Educação, 137 Licenciados e 17 Bacharéis.

Esta escola funciona há cerca de 20 anos, tendo apenas no ano lectivo de 1997/1998 sido sujeita a obras de pintura exterior dos pavilhões, em virtude da construção de um novo pavilhão que foi designado pela letra H, ficar com uma pintura diferente dos restantes. A escola possui 8 pavilhões, com telheiros de ligação, sendo cada um designado pelas letras alfabéticas A, B, C, D, E, F, G e H. Possui 2 entradas, estando apenas uma a funcionar, devido à falta de funcionários que controlem a entradas das pessoas na escola. A área envolvente da escola é parcialmente ajardinada e arborizada.

No pavilhão A encontram-se a secretaria, a sala dos professores, o centro de documentação e informação, o Conselho Executivo, a reprografia, o S.A.S.E., a sala dos Directores de Turma/Recepção de encarregados de educação, o gabinete médico, a sala do Núcleo de Rádio e a sala do Núcleo de fotografia. No Pavilhão B encontram-se o gabinete de Psicologia e Orientação Escolar, a sala da Associação de Estudantes, a sala de Vídeo, a sala onde é dinamizado o núcleo de Apoio Pedagógico Acrescido e 9 salas de aulas entre as quais numa funciona o atelier de Pintura e noutra o atelier de Tapeçaria. No Pavilhão C encontram-se 7 salas de aulas e 2 laboratórios de Biologia e um auditório. No pavilhão D encontram-se a papelaria, o bar, o refeitório, a sala de convívio de alunos e o anfiteatro onde

é dinamizado o núcleo de teatro e uma sala onde funciona o núcleo de Imprensa e Rádio. No pavilhão E encontram-se 1 laboratório de Físico-Químicas e 7 salas de aulas. No pavilhão F encontram-se 8 salas, entre as quais em três salas funcionam as aulas de Electrónica e onde estão instalados os respectivos equipamentos e outras duas salas onde funciona um outro laboratório de biologia e o Núcleo de Imprensa. No pavilhão G encontram-se 6 salas de aulas. No pavilhão H encontram-se 2 laboratórios de Físico-Químicas, 1 sala de vídeo, 1 sala de exposições, 1 sala onde funciona o Clube de Matemática, 7 salas de aulas das quais 2 são de informática e 1 de Oficinas de Arte. A escola possui pavilhão Gimno-Desportivo, com um espaço exterior constituído por três campos de jogos, propícios para se realizarem actividades desportivas, embora condicionadas pelo estado do tempo.

A planta da escola encontra-se na figura 38.

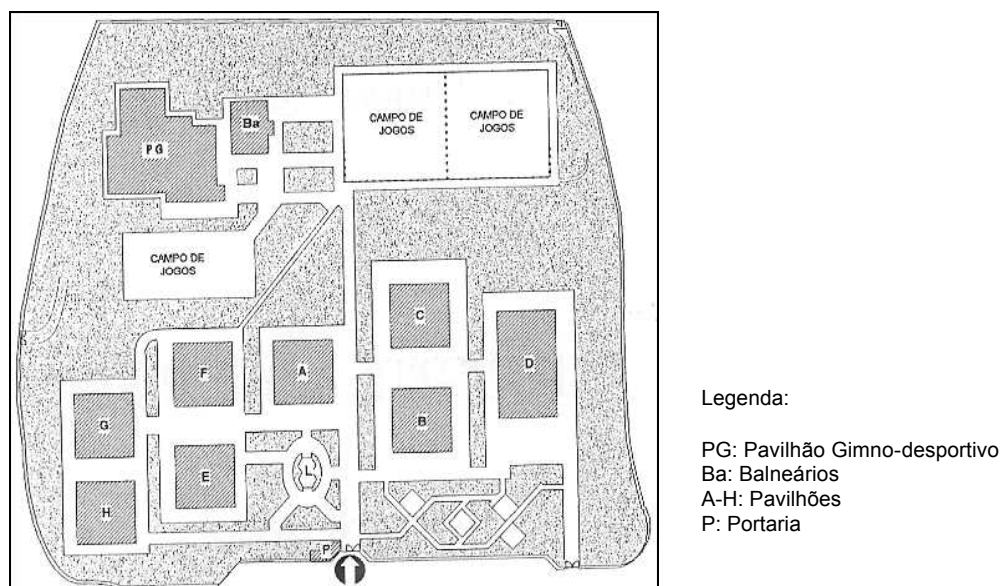


Figura 38- Planta da escola.

Nesta escola existem núcleos e clubes nos quais os alunos e professores se podem inscrever. Estes são dinamizados sobretudo pelos professores com a participação de alguns alunos. Assim, existem os Clubes de Alemão, Matemática, Aventura, Multimédia, Música “Clave de Sol”, Património, Atelier de Pintura, Atelier de Tapeçaria, Grupo de Teatro “Antígona”, Núcleo de Imprensa e Núcleo de Rádio e Programa “Internet nas Escolas”.

A escola dispõe, ainda, do Serviço de Psicologia constituído por uma Psicóloga e por um professor especializado em Educação Especial que trabalham em conjunto. A área de intervenção consiste, sobretudo, em assegurar respostas educativas adequadas às necessidades dos discentes ao nível da intervenção pedagógica individualizada, sempre que sejam detectadas situações de dificuldade, ou então ao nível do apoio aos alunos nas escolhas que terão de fazer ao longo da sua escolaridade, facilitando o desenvolvimento da sua identidade e a construção do seu projecto de vida.

Os grupos disciplinares organizam-se em departamentos curriculares e com o número indicado de representantes, com assento no Conselho Pedagógico:

Quadro 28- Constituição dos departamentos curriculares da escola no ano lectivo de 2004/2005.

| Departamento                       | Grupos                                      | Nº de representantes |
|------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| ▶ Ciências Exactas e Tecnologias   | - 1º, 2º B, 4º A, 4º B, 12º B e Informática | ▶ 3                  |
| ▶ Linguísticas e Literaturas       | - 8º A, 8º B e 9º                           | ▶ 2                  |
| ▶ Ciências Humanas e Sociais       | - 10º A, 10º B, 11º A e EMRC                | ▶ 3                  |
| ▶ Expressões e Artes               | - 5º, 12º A e 12º D                         | ▶ 1                  |
| ▶ Ciências e Técnicas Empresariais | - 6º, 7º e 12º C                            | ▶ 1                  |
| ▶ Saúde                            | - 11º B e Ed. Física                        | ▶ 1                  |

Os representantes referidos anteriormente são eleitos, por voto secreto, pelos respectivos departamentos, de entre os delegados/representantes de grupo/disciplina.

O grupo disciplinar a que pertence a professora que irá leccionar a Acústica nas duas turmas envolvidas na investigação é o grupo 4º A que funciona em conjunto com o grupo 4º B. Estes dois grupos leccionam as disciplinas de Ciências Físico-Químicas desde o 7º ano ao 11º ano e as disciplinas de Química e de Física do 12º ano e são compostos maioritariamente por professores do quadro com vários anos de experiência lectiva.

No ano lectivo em que decorreu o trabalho de campo houve um núcleo de estágio que contribuiu em muito para a dinamização do grupo disciplinar. Em anos anteriores e durante algum tempo funcionou no grupo o Clube da Ciência mas que no ano lectivo de 2002/2003 deixou de funcionar, devido à falta de interesse dos professores do grupo que o impulsionavam.

Os professores do grupo reúnem-se com periodicidade para tratar de assuntos relacionados, por exemplo, com a planificação das actividades lectivas e não lectivas e seu

balanço final de período/ano lectivo, calendarização de actividades a realizar pelo grupo/departamento, uniformização de critérios de avaliação a seguir pelo grupo, distribuição dos elementos nos júris de exame, análise de legislação, etc. Os trabalhos laboratoriais previstos para cada ano de escolaridade são discutidos, de forma geral, em reunião de grupo, sendo depois analisados com mais pormenor nas reuniões entre os professores que leccionam o mesmo ano de escolaridade.

### 6.3 Instrumentos de campo utilizados

#### 6.3.1 Inquérito por questionário e entrevista

Segundo os autores Carmo e Ferreira (1998) a expressão inquérito é utilizada para designar processos de recolha sistematizada no terreno, para responder a um determinado problema. Os inquéritos podem ser de dois tipos: por entrevista ou por questionário. Distinguem-se pelo facto do “primeiro ser realizado em situação presencial, enquanto que o segundo é administrado à distância” (Carmo e Ferreira, 1998, p. 125).

#### 7.3.1.1 Questionários

Segundo Ghiglione e Matalon (1993), um questionário “é um instrumento rigorosamente estandardizado, tanto no texto das questões como na sua ordem” (p. 121). De modo a garantir a comparabilidade das respostas de todos os sujeitos, cada questão é colocada a cada pessoa da mesma forma, sem adaptações nem explicações suplementares da iniciativa do entrevistador.

Estes autores consideram impossível enunciar as regras de construção de um questionário e o modo como redigir as questões. No entanto, sugerem um número de



cuidados a ter em conta quando se pensa construir um questionário. Assim, por exemplo, há que ter em conta a duração do questionário, a formulação e o tipo de perguntas.

Relativamente à duração do questionário, estes defendem que a duração aceitável de um questionário depende muito do interesse que o indivíduo tem pelo tema a ser investigado, da forma como ele é elaborado e das condições da sua aplicação. Um questionário composto, essencialmente, por questões fechadas, não deveria ultrapassar os 45 minutos. Para os autores Ghiglione e Matalon (1993), “ultrapassado esse limite, o interesse esmorece, o que se nota através de sinais como a brevidade das respostas às questões abertas ou a rapidez das respostas indicando pouca reflexão sobre as mesmas” (p. 124). Contudo, salvo raras exceções, este limite de tempo poderá ser ultrapassado.

Quanto à formulação das questões, as primeiras que surgem no questionário são consideradas muito importantes, na medida que são elas que anunciam aos sujeitos de investigação “o estilo geral do questionário, o género de resposta que deles se espera e o tema que vai ser abordado. É também a partir deles que se estabelece a relação entrevistador-entrevistado” (idem, p. 123).

Os investigadores consideram que um questionário deve começar por questões que sejam susceptíveis de interessar aos sujeitos e que não os assustem. Por outro lado, aconselham que o questionário comece por uma questão aberta, caso contrário, ao iniciar com uma questão fechada, poderá dar a ideia de que se pretendem apenas respostas breves e curtas. Os autores Ghiglione e Matalon (1993) não vêem inconveniente que um questionário possa ser constituído apenas por questões fechadas, contudo, “se não for esse o caso, uma questão aberta que aparece pela primeira vez, após uma longa lista de questões fechadas, apenas suscitará respostas breves e pobres” (idem, p. 124).

Ainda, segundo estes investigadores, é de evitar o uso abusivo dos pedidos de justificação de uma resposta, sob a forma de “porquê”, acrescentado a cada questão. Estas solicitações “provocam facilmente a irritação das pessoas que têm muita dificuldade em

*responder e que pensam que essas questões são indiscretas, sobretudo se se repetem”* (p. 125).

Relativamente ao tipo de questões, um questionário integra vários tipos de perguntas (Carmo e Ferreira, 1998):

- *perguntas de identificação* – destinadas a identificarem o inquirido referenciando-o, por exemplo, a determinados grupos sociais específicos (de idade, género, habilitações, etc.);
- *perguntas de informação* – destinadas a recolherem dados sobre factos e opiniões dos investigados;
- *perguntas de controlo* – destinadas a verificarem a veracidade de outras perguntas que se encontram inseridas noutra local do questionário.

Além desta classificação, as questões também se podem distinguir pela sua forma: questões abertas ou fechadas (Ghiglione e Matalon, 1993). As questões abertas permitem que o sujeito responda como entender, utilizando o seu próprio vocabulário. As questões fechadas induzem o indivíduo - a partir de um conjunto de respostas possíveis definidas pelo investigador - a escolher a que melhor corresponde à pergunta.

Qualquer destas questões tem vantagens e desvantagens, dependendo da investigação pretendida e do próprio investigador. Os investigadores Ghiglione e Matalon (1993) expressam-nas segundo o quadro seguinte:

Quadro 29 – Questões abertas e questões fechadas: vantagens e desvantagens.

| Questões abertas                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Questões fechadas                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vantagens                                                                                                                                                                                                                                             | Desvantagens                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Vantagens                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Desvantagens                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitem que a pessoa seja ouvida</li> <li>• Servem de apoio a quem interpreta os resultados</li> <li>• A b r e m a possibilidade a várias codificações acerca do conteúdo e da forma da resposta</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Podem conduzir ao esquecimento de determinados aspectos e conduzir à primeira resposta que lhe ocorra, sem que essa “escolha” possa ser considerada como significativa</li> <li>• Obtêm-se respostas muito vagas ou então perfeitamente racionais</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionam uma lista de respostas que cobre a totalidade do campo evitando dispersões</li> <li>• Fornecem à pessoa indicações sobre o campo das respostas que se considera aceitáveis.</li> <li>• <i>À priori</i> são mais cómodas de analisar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tornam-se enfadonhas se não se conjugarem com questões abertas</li> <li>• Conduzem a uma menor reflexão, porque a pessoa apoia-se na lista de respostas apresentadas</li> <li>• Levam a que a pessoa não se possa exprimir livremente</li> </ul> |

Para além destas duas formas de questões, e ainda segundo o conteúdo, existem outras duas formas, as preformatadas e as escalas de atitude. As questões preformatadas pedem ao sujeito que responda com uma escolha limitada de respostas, possibilitando-lhe ainda, a oportunidade de expressar livremente a sua opinião. Nas questões que envolvem escalas de atitude, o inquirido escolhe, numa escala, o seu grau de concordância ou o de discordância. É o caso das escalas de Likert e do diferencial semântico, entre outras. As escalas de Likert são constituídas por uma série de proposições, devendo o respondente, em relação a cada uma delas, indicar uma das posições, que poderá, por exemplo, ser: discorda totalmente, discorda, sem opinião, concorda, concorda totalmente. Na presente investigação utilizaram-se escalas de Likert em alguns questionários.

Após a formulação das questões, estas devem ser validadas (Ghiglione e Matalon, 1993, Carmo e Ferreira, 1998). Este processo de validação implica duas fases. A primeira fase “refere-se a cada questão considerada por si só; a segunda fase, ao questionário na sua totalidade e às condições da sua aplicação” (Ghiglione e Matalon, p. 173). A primeira fase indica-nos como as questões e as respostas são entendidas e permite-nos detectar eventuais erros de vocabulário e de formulação, assim como as recusas, as incompreensões e os equívocos que possam surgir. A segunda fase assegura-nos a aceitabilidade do questionário, as condições da sua aplicabilidade e a correcta adaptação às necessidades da investigação.

Para verificar este último aspecto, os autores Ghiglione e Matalon (1993) e Carmo e Ferreira (1998) aconselham que, antes de empreender a investigação empírica no terreno, deve fazer-se o plano de apuramento das respostas a obter, prevendo as operações a efectuar com as respostas. Este tipo de exercício permite a detecção de determinados esquecimentos, como por exemplo,

constatar que as respostas a esta ou aquela questão são impossíveis de interpretar se não dispusermos, para além delas, de informações suplementares a que não tínhamos pensado recorrer porque, por si próprias, não apresentavam interesse. (...) perceber que algumas questões são inúteis, quer porque repetem outras, quer porque a informação que fornecem não tem interesse. (Ghiglione e Matalon, 1993, p. 174)

Após esta operação, pode-se passar a uma experiência em pequena escala, em condições o mais possível semelhantes às da aplicação definitiva. Assim, o questionário deverá ser administrado, primeiramente, a um pequeno grupo de pessoas, para quem o tema seja familiar e que esteja em condições de identificar os seus maiores problemas e dar sugestões de modo a melhorá-lo. Só depois “deverá ser aplicado a uma pequena amostra de sujeitos pertencentes à população do inquérito (mas que não façam parte da amostra seleccionada)” (Carmo e Ferreira, 1998, p. 146). Este pequeno conjunto de sujeitos “deverá ser encorajado a apresentar sugestões que digam respeito ao questionário no seu todo e a cada uma das perguntas” (idem, p. 146). Após uma análise cuidadosa das respostas dadas, dever-se-á proceder à versão definitiva do questionário, que será posteriormente apresentada aos sujeitos da amostra seleccionada da investigação.

No caso da presente investigação, a validação dos diferentes questionários foi feita por um conjunto de especialistas em Ciências da Educação e de avaliação.

Relativamente à fiabilidade, o inquérito por questionário “é bastante fiável desde que o investigador tome alguns cuidados, nomeadamente, quando respeita escrupulosamente os procedimentos metodológicos quanto à sua concepção, selecção dos inquiridos e administração do terreno” (idem, p. 140).

Porém, e segundo a opinião de vários pesquisadores as questões objectivas são mais viáveis que as questões subjectivas.

Tendo em conta os aspectos anteriormente mencionados preparámos os seguintes questionários. A saber:

- ⑨ Questionário – Ajuda-me a conhecer-te;
- ⑨ Questionário – Avaliação do desempenho individual do trabalho de grupo cooperativo;
- ⑨ Questionário – Avaliação das actividades realizadas nas aulas de Acústica;
- ⑨ Questionário – Avaliação do desempenho global do trabalho de grupo cooperativo.

O questionário - Ajuda-me a conhecer-te teve como objectivo caracterizar cada uma das turmas envolvidas na investigação, recolhendo dados sobre a identificação; o agregado familiar; a ocupação dos tempos extra-escolares e a vida escolar. É constituído por questões abertas e fechadas. O enunciado tal como foi referido anteriormente encontra-se no anexo II e o estudo das respostas dadas pelos alunos foi apresentado neste capítulo na secção 6.2.1.1, quando da caracterização das turmas envolvidas nesta pesquisa. O preenchimento deste documento foi individual.

O questionário - Avaliação do desempenho individual do trabalho de grupo cooperativo teve como objectivo que cada aluno avaliasse o seu desempenho na actividade cooperativa. O instrumento é constituído por um conjunto de 23 afirmações, segundo as quais os alunos tinham de pronunciar-se, utilizando para o efeito a escala: Nunca; Poucas Vezes; Algumas Vezes; Muitas Vezes; Sempre. O respectivo enunciado encontra-se no anexo II (p. 929).

O questionário - Avaliação das actividades realizadas nas aulas de Acústica é constituído por um conjunto de afirmações e questões que se encontram distribuídas em quatro partes (quadro 30, na página seguinte). A primeira parte do questionário refere-se à actividade cooperativa, a segunda às aulas de Acústica, a terceira e quarta divisão aos instrumentos metacognitivos (mapa conceptual e Vê de Gowin). Para cada fracção foram definidas objectivos os quais se encontram expressos no quadro 30 da página seguinte. O preenchimento deste questionário foi individual.

A secção 1.1 do presente documento foi igual à do questionário referido anteriormente. Os pontos 1.2 e 2.1 incidiram em questões abertas e os pontos 3 e 4 recaíram sobre questões fechadas, questões abertas e questões pré-formatadas. O enunciado do questionário encontra-se no anexo II (pp. 930-937).

Quadro 30 - Objectivos gerais do questionário Avaliação das actividades realizadas nas aulas de Acústica.

| Questões<br>Objectivos                                                                       | 1.<br>Actividade cooperativa | 2.<br>Aulas de Acústica | 3.                          | 4.          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|
|                                                                                              |                              |                         | Instrumentos metacognitivos |             |
|                                                                                              |                              |                         | Mapa conceptual             | Vê de Gowin |
| - Avaliar o desempenho individual no trabalho de grupo                                       | 1.1                          |                         |                             |             |
| - Avaliar a percepção do aluno em relação ao trabalho desenvolvido na actividade cooperativa | 1.2.1                        |                         |                             |             |
| - Avaliar o tipo de relacionamento com os colegas                                            | 1.2.2<br>1.2.3               |                         |                             |             |
| - Avaliar a percepção em relação ao contributo do tema para o trabalho de grupo              | 1.2.4                        |                         |                             |             |
| - Avaliar os sentimentos manifestados com a participação na experiência                      | 1.2.5<br>1.2.6               |                         |                             |             |
| - Avaliar a percepção em relação ao trabalho desenvolvido                                    | 1.2.7<br>1.2.8               |                         |                             |             |
| - Avaliar a percepção em relação à vontade de repetir a experiência                          | 1.2.9                        |                         |                             |             |
| - Avaliar a percepção da aprendizagem feita                                                  | 1.3.0                        |                         |                             |             |
| - Avaliar o interesse do tema para os alunos                                                 |                              | 2.1                     |                             |             |
| - Avaliar a clareza dos guiões das fichas de trabalho                                        |                              | 2.2                     |                             |             |
| - Avaliar a eficácia da utilização das novas tecnologias em sala de aula                     |                              | 2.3                     |                             |             |
| - Avaliar o interesse das actividades laboratoriais realizadas nas aulas                     |                              | 2.4                     |                             |             |
| - Avaliar a percepção do aluno relativamente à utilização dos instrumentos metacognitivos    |                              |                         | 3.1 a 3.9                   | 4.1 a 4.7   |

O questionário - Avaliação do desempenho global do trabalho de grupo cooperativo teve como objectivo principal que cada grupo reflectisse acerca do trabalho cooperativo que realizaram. Assim foram definidos itens sobre o funcionamento do grupo cooperativo em sala de aula, sobre o desempenho da professora em sala de aula e sobre a percepção com que o grupo ficou acerca da actividade cooperativa. Este instrumento é formado por um conjunto de 19 afirmações, para as quais o grupo tinha de se manifestar, utilizando a escala: Nunca; Poucas Vezes; Algumas Vezes; Muitas vezes; Sempre. O respectivo enunciado encontra-se no anexo II (p. 938).

Em síntese, e no sentido de melhor visualizar os instrumentos utilizados na recolha de dados, assim como os seus momentos de aplicação, na turma experimental e na turma de controlo elaborámos o quadro que se indica na página seguinte.

| TURMA EXPERIMENTAL            |                                                                                    |                                            |                               | TURMA DE CONTROLO                         |                                          |  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--|
| Instrumentos                  | Identificação dos Instrumentos                                                     | Momentos de aplicação                      | Instrumentos                  | Identificação dos Instrumentos            | Momentos de aplicação                    |  |
| ► Pré-teste                   | • Pré-teste acerca da temática da Acústica                                         | • Antes da leccionação da Acústica         | ► Pré-teste                   | • Pré-teste sobre o tema da Acústica      | • Antes da leccionação da Acústica       |  |
| ► Questionários               | • Questionário de caracterização da turma                                          | • Antes da leccionação da Acústica         | ► Questionários               | • Questionário de caracterização da turma | • Antes da leccionação da Acústica       |  |
|                               | • Questionário de avaliação do desempenho individual do trabalho de grupo          | • Durante e após a leccionação da Acústica |                               |                                           |                                          |  |
|                               | • Questionário de avaliação do desempenho global do trabalho de grupo              | • Durante e após a leccionação da Acústica |                               |                                           |                                          |  |
|                               | • Questionário de avaliação das actividades realizadas nas aulas                   | • Após a leccionação da Acústica           |                               |                                           |                                          |  |
| ► Grelhas de observação       | • Grelha de observação da interacção do grupo durante a realização das actividades | • Durante a leccionação da Acústica        | ► Grelha de observação        | • Grelha de observação das aulas          | • Durante a leccionação da Acústica      |  |
|                               | • Grelha de observação das aulas                                                   | • Durante a leccionação da Acústica        |                               |                                           |                                          |  |
| ► Registo em áudio das aulas  | • Gravação áudio da discussão estabelecida pelos alunos nos grupos                 | • Durante a leccionação da Acústica        |                               |                                           |                                          |  |
| ► Documentos escritos         | • Mapa conceptual                                                                  | • Antes, e após a leccionação da Acúst.    | ► Documento escrito           | • Mapa conceptual                         | • Antes e após a leccionação da Acústica |  |
|                               | • Mapa conceptual progressivo                                                      | • Durante a leccionação da Acústica        |                               |                                           |                                          |  |
|                               | • Vê de Gowin                                                                      | • Durante a leccionação da Acústica        |                               |                                           |                                          |  |
| ► Entrevista semi-estruturada | • Entrevista semi-estruturada à professora                                         | • Antes e após a leccionação da Acústica   | ► Entrevista semi-estruturada | • Entrevista semi-estruturada à docente   | • Antes e após a leccionação             |  |
| ► Pós-teste                   | • Pós-teste acerca da temática da Acústica                                         | • Após a leccionação da Acústica           | ► Pós-teste                   | • Pós-teste sobre o tema Acústica         | • Após a leccionação                     |  |

Quadro 31 - Instrumentos e momentos de aplicação no trabalho de campo.



### 6.3.1.2 Entrevista

Na investigação qualitativa a entrevista pode constituir a estratégia dominante para a recolha de dados ou, então, pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas, como, por exemplo, a observação participante e a análise de documentos, como foi o caso da presente investigação. Qualquer que seja a situação, este instrumento é usado “para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos do mundo” (Bogdan e Biklen, 1994, p. 134) e dão significado às suas próprias acções.

Segundo Estrela (1994), “a finalidade da entrevista consiste, em última instância, na recolha de dados de opinião que permitam não só fornecer pistas para a caracterização do processo em estudo, como também conhecer, sob alguns aspectos, os intervenientes do processo” (p. 342).

A utilização deste tipo de técnica (entrevista) possibilita ao investigador captar informações a respeito de acontecimentos não observáveis, permitindo compreender o modo como os informantes pensam o mundo (Ludke e André, 1986).

De acordo com Merriam (1990), uma entrevista é “a conversação – mas uma conversação com um propósito. (...) O principal objectivo da entrevista é o de obter um determinado tipo de informação” (p. 36). Já para Patton (1990), o “propósito da entrevista, é o de nos permitir entrar dentro da perspectiva de outra pessoa” (p. 196). Esta ideia é partilhada por Ghiglione e Matalon (1993), que afirmam que a entrevista é “uma conversa tendo em vista um objectivo” (p. 71). Este tipo de definição de entrevista apresenta a vantagem de ser suficientemente ampla para englobar uma grande variedade de entrevistas possíveis, no que se refere à sua organização, desde aquela que se realiza de forma livre, entrevista não directiva, passando pela estrutura semi-directiva até à entrevista directiva (idem, pp. 70-91). Bogdan e Biklen (1994), Fontana e Frey (1994) e Merriam (1980) sugerem que “as entrevistas podem ser estruturadas, semi-estruturadas ou não estruturadas” (p. 361).



O tipo de entrevista utilizada na presente investigação é semi-directiva, no dizer de Ghiglione e Matalon (1993), ou semi-estruturada, no dizer de Fontana e Frey (1994), Merriam (1980) e Bogdan e Biklen (1994). Este tipo de entrevista é justificado pela natureza do trabalho realizado e pelos objectivos pretendidos na pesquisa.

Bogdan e Biklen (1994) insinuam que a escolha do tipo de entrevista deve recair “num tipo particular de entrevista, baseada no objectivo da investigação” (p. 136).

As entrevistas foram orientadas por uma grelha de questões a explorar e semi-estruturada previamente, com uma linguagem acessível, em que a mensagem é clara e precisa, para facilitar, quer a motivação dos entrevistados quer a compreensão do que se pretende. Não houve a preocupação de seguir uma ordem determinada, de forma a permitir aos inquiridos a exposição livre e incondicional dos seus pontos de vista.

Segundo Ludke e André (1986), a entrevista deve ter uma estrutura de forma flexível e dinâmica, permitindo uma rápida captação da informação pretendida.

Merriam (1990) considera que

as entrevistas são guiadas por uma lista de questões a serem exploradas, mas nem as palavras exactas nem a ordem das questões é determinada antes de tempo. Este formato permite ao investigador responder e guiar a situação, na emergência do ponto de vista do respondente e para as novas ideias sobre o tópico. (p. 74)

Para Estrela (1994), podemos agrupar em três pontos os princípios orientadores da condução da entrevista, os quais procurámos seguir:

- *“evitar, na medida do possível, dirigir a entrevista;*
- *não restringir a temática abordada;*
- *esclarecer os quadros de referência utilizados pelo entrevistado”* (p. 342).

Em relação ao primeiro princípio, procurámos dar a palavra ao entrevistado, que abordou a temática à sua vontade e durante o tempo que quis, sem interferências do investigador. Igualmente, procurou-se colocar as questões de modo a não influenciar o entrevistado.

Em relação ao segundo ponto, procurou-se salvaguardar a oportunidade de alargamento, ao longo da entrevista, dos temas propostos ao entrevistado. Esse alargamento correspondeu, no dizer de Estela (1994),

a pontos do plano previsto para a entrevista, pontos que se pretendiam abordar de seguida e que, assim, ficaram já tratados, na medida em que o entrevistado forneceu, espontaneamente, informação que se tinha previsto obter, numa fase mais adiantada da entrevista. (p. 342)

Quanto ao terceiro ponto, a liberdade dada ao entrevistado foi conciliável com a necessidade de precisar os seus quadros de referência, levando-o a esclarecer determinadas situações e conceitos.

Pareceu-nos útil seguir o conselho de Goetz e LeCompte (1988), que recomendam que se deixe falar os respondentes, não os interrompendo e respeitando os seus silêncios, ajudando-os, ainda, a clarificar as suas ideias, nomeadamente, quando elas não induzam as respostas desejadas. Também Fontana e Frey (1994) recomendam que “o entrevistador deve ser flexível, objectivo, empático, persuasivo, bom ouvinte, etc.” (p. 365). Na dinâmica da conversação, foi preocupação do investigador saber escutar, deixar a conversa fluir, proporcionando um clima de à vontade que permitiu ao entrevistado referir os problemas mais prementes no âmbito do nosso tema de conversa e evitar a sensação de estar a ser avaliado (Ludke e André, 1986; Quivy e Campenhoudt, 1992; Goetz e LeCompte, 1988; Bogdan e Biklen, 1994).

Procedeu-se a dois ciclos de entrevistas. O primeiro consistiu em três entrevistas à professora que leccionou a Acústica, o segundo numa entrevista a um especialista de Acústica, o Professor Doutor Pedro Martins da Silva. Em ambos os ciclos seguiu-se uma sequência planeada que permitiu ao investigador ir recolhendo informações progressivamente, das mais gerais às mais específicas. Esta dinâmica, proposta com o objectivo de ir focalizando os diferentes temas, tinha apenas por finalidade proceder a uma certa organização na recolha da informação, não implicando, contudo, uma rigidez formal na

orientação das entrevistas, que pela sua estrutura seguiram a linha imposta pelos entrevistados. Apenas se utilizaram perguntas que serviram de guia para que o informante não se afastasse dos objectivos traçados, não obrigando, no entanto, a nenhuma formulação rígida.

O primeiro ciclo de entrevistas incidiu sobre determinadas temáticas relacionadas com a aprendizagem da Acústica. O guião utilizado encontra-se no anexo II (pp. 939-942) e foi elaborado com base na técnica proposta por Estrela (1994). A saber:

- “1º- formulação do tema, de forma sintética e explícita;
- 2º- definição dos objectivos gerais;
- 3º- a partir dos objectivos gerais, definição dos objectivos de ordem específica e previsão das estratégias de concretização” (p. 345).

Mediante estas orientações, foram formuladas as questões que constituem o corpo principal do guião da entrevista.

Esse guião é constituído pelos seguintes blocos:

- Bloco A - legitimação e motivação da entrevista.
- Bloco B - situação profissional, académica e contínua do professor.
- Bloco C - natureza da ciência.
- Bloco D - ambientes construtivistas: actividade cooperativa.
- Bloco E - ambientes construtivistas: instrumentos metacognitivos.
- Bloco F - ambientes construtivistas: novas tecnologias.
- Bloco G - ambientes construtivistas: avaliação.
- Bloco H - ensino da Acústica.

Com o bloco A pretendeu-se, por um lado, motivar a entrevistada a cooperar e, por outro, informá-la dos objectivos da investigação. Nesta fase, foi-lhe assegurada a confidencialidade dos dados recolhidos.

Com o bloco B pretendeu-se, sobretudo, recolher informações sobre a participante, nomeadamente, dados pessoais, profissionais e académicos. Esta primeira aproximação

possibilitou, por um lado, abrir pistas sobre a situação profissional dos professores e, por outro, atenuar a tensão inicial do diálogo, prevista por vários investigadores, entre eles Bogdan e Biklen (1994).

Com os restantes blocos pretendeu-se que a entrevista fosse mais reflexiva e específica sobre os ambientes construtivistas e o ensino da Acústica.

Cada entrevista baseou-se e foi construída sobre a entrevista anterior, o que obrigou a uma análise parcial da mesma, permitindo que se pudesse ir esclarecendo e elucidando a informação recolhida.

As entrevistas tiveram uma duração média de 45 minutos e foram recolhidas em registo magnético, depois da autorização do sujeito. E desenrolaram-se em casa da entrevistada, de acordo com o seu horário. Acerca da escolha do local a realizar as entrevistas, Ghiglione e Matalon (1993) dizem que: “é indiferente que a entrevista tenha lugar num sítio calmo ou barulhento, num escritório ou na rua, no local de trabalho do entrevistado ou, ao contrário, que o entrevistado se encontre no escritório do entrevistador” (p. 76).

Bogdan e Biklen (1994) recomendam o uso do gravador quando a investigação envolve entrevistas extensas ou quando a entrevista é a técnica principal do estudo. Deste modo, obtém-se um registo de um conhecimento, informação ou fenómeno para poder estudá-lo com maior profundidade num momento posterior. Tentou-se fazer uma transcrição de todas as entrevistas, pouco tempo após a sua ocorrência; este carácter de tentativa é indissociável da relação intersubjectiva que se quer registar. Aliás, a interpretação dos resultados começa com a própria passagem das entrevistas da fita magnética para o papel, em que há opções a fazer na transcrição ou omissão dos silêncios, entoações, repetições, bem como no modo de traduzir o discurso oral, espontâneo, pouco exigente sob o ponto de vista formal.

A transcrição omitiu, no início, o diálogo que se estabeleceu sobre a motivação da entrevistada e a legitimação da entrevista, e as respostas do Bloco B sobre a situação profissional, académica e contínua do sujeito.

Os dados recolhidos das entrevistas foram depois sujeitos à análise de conteúdo. Os fundamentos e procedimentos típicos deste tipo de análise ficam reservados para o espaço a ela destinado neste trabalho. Foram colocadas novas questões sempre que pretendemos aclarar ou aprofundar a argumentação.

No início da recolha de informação, requereu-se condições éticas de confidencialidade, confiança e anonimato. A entrevistada consentiu livremente na sua participação e foi informada sobre os propósitos e as consequências da mesma. A relação entre o investigador e a participante foi estabelecida numa base de confiança, daí o cuidado da parte do investigador em evitar comentários e juízos de valor sobre aspectos observados ou comentados. “O sucesso de uma entrevista depende da maneira como funciona a interacção entre os dois parceiros” (Quivy e Campenhoudt, 1992, p. 76). Ligada com a confiança surgiu a necessidade de garantir à participante a confidencialidade e o anonimato da pessoa referida e das informações recolhidas. “Os dados fornecidos pelo entrevistado devem ser tratados com descrição, tratados anonimamente e de uma maneira confidencial” (Kelchtermans, 1994, p. 103).

A relação entre o investigador e o investigado determina a qualidade e a quantidade da informação recolhida. Uma relação apropriada é um sentimento de confiança que deve envolver a pesquisa. Só um entrevistado que se sinta seguro e encare o investigador como uma pessoa de palavra, estará preparado a partilhar as suas ideias. Assim, foi explicado desde o início à inquirida como se iria desenvolver a entrevista e onde é que ela se enquadraria na investigação. A verdade é muito importante para uma relação de confiança, que tem associada uma vertente ética. “Apesar de tudo, eles estão a partilhar experiências pessoais e pensamentos com um estranho” (Kelchtermans, 1994, p. 101).

Também a este propósito, Erickson (1990) refere que, os “participantes devem estar o melhor informados que seja possível acerca dos propósitos e das actividades da investigação” (p. 250) que se levará a cabo, e os “mais protegidos que seja possível de qualquer perigo de carácter psicológico e social (situações embaraçosas e/ou possibilidade de ser objecto de sanções administrativas)” (idem, p. 250).

Quanto ao conteúdo das entrevistas, este foi mostrado à entrevistada para que o pudesse confirmar. Deste modo, a verificação dos dados pelos entrevistados aumenta a sua validade (Merriam, 1990). Para este autor existem seis estratégias que um investigador pode utilizar para assegurar a validade interna:

- 1) triangulação (utilizando múltiplos investigados, fontes de dados ou métodos que confirmem os resultados emergentes);
- 2) verificação pelos visados (mostrando os dados e as interpretações às pessoas que os forneceram e inquirindo se os resultados são plausíveis);
- 3) observações a longo prazo no local de investigação ou repetição das observações do mesmo fenómeno, recolhendo dados durante um período de tempo em ordem a incrementar a validade dos resultados;
- 4) examinação do par (pedindo aos colegas para comentar os resultados à medida que eles surgem);
- 5) investigação participante (envolvendo os participantes em todas as fases da investigação, desde a conceptualização do estudo até à escrita dos resultados);
- 6) pontos de vista do investigador (clarificando as suas crenças, pontos de vista e a teoria que orienta o início do estudo).

A validade externa refere-se à forma como os resultados de um estudo podem ser aplicados noutras situações. Para permitir a possibilidade de generalização, o investigador deve fornecer uma descrição detalhada do contexto do estudo.

Para Merriam (1990), a “fiabilidade e a validade estão ligadas na condução da investigação” (p. 171). A fiabilidade refere-se à possibilidade dos resultados poderem ser repetidos. Contudo, nas ciências sociais a fiabilidade é problemática, uma vez que o comportamento humano não é estático. Por outro lado, Huberman e Miles (1991) consideram que “a viabilidade e a fiabilidade do instrumento dependem das competências do investigador, que é o instrumento de recolha de dados” (p. 81).

Tal como referimos anteriormente, foi feita um segundo ciclo de entrevistas, a um especialista de Acústica, o Professor Doutor Pedro Martins da Silva, cuja duração foi aproximadamente 50 minutos. Esta incidiu sobre questões gerais relacionadas com o tema da Acústica. A entrevista realizou-se no escritório de Lisboa onde o entrevistado trabalha.

Os cuidados a ter na preparação, condução e execução da entrevista foram semelhantes aos cuidados da entrevista realizada à professora que leccionou a Acústica. O guião utilizado encontra-se no anexo II (p. 943), tendo sido constituído pelos seguintes blocos:

Bloco A - legitimação e motivação da entrevista.

Bloco B - formação académica e experiência profissional.

Bloco C - papel da ciência, em particular o da Acústica.

Bloco D - ensino da Acústica.

### 6.3.2 Observação distanciada e directa

Para Carmo e Ferreira (1998) “observar é seleccionar informação pertinente, através dos órgãos sensoriais e com recurso à teoria e à metodologia científica, a fim de poder descrever, interpretar e agir sobre a realidade em questão” (p. 97).

O papel da observação é fundamental em toda a metodologia experimental (Estrela, 1994). Para o autor, ela constitui “um fenómeno natural, uma função vital ligada à “função do real”, na medida em que constitui o principal meio de adaptação à vida” (p. 258). Já para Ludke e André (1986), ela constitui uma importante ferramenta de trabalho que permite obter informação normalmente não acessível por outras técnicas. Em conjunto com outras técnicas, a observação permite um contacto pessoal e estreito do investigador com o fenómeno a investigar.

Para Porto (2005) é

através da observação detalhada dos alunos durante o seu processo de aprendizagem, da colecção de feedback dado a esses alunos, e o design de experiências simples de avaliação, os professores podem apreender

*consideravelmente sobre o modo como os alunos aprendem, e como esses reagem a métodos de ensino específicos. (p. 149)*

Costa (1999) salienta que “a unidade social em observação não deve ser demasiado extensa e o período de observação não pode ser demasiado curto” (p. 137). Isto porque o que se pretende é uma recolha intensiva de informação acerca de práticas e representações sociais, com a pretensão não apenas, de as descrever, como caracterizar o local das estruturas e os processos sociais que organizam e dinamizam esse quadro social.

A definição dos objectivos e a delimitação do campo de observação determinam a estratégia a seguir, nomeadamente quanto às formas e meios de observação a utilizar pelo investigador.

Segundo Wittrock (1989), a observação é um fenómeno multifacetado, que obedece, a um contínuo de tipos de observação, conforme se explicita na figura seguinte.

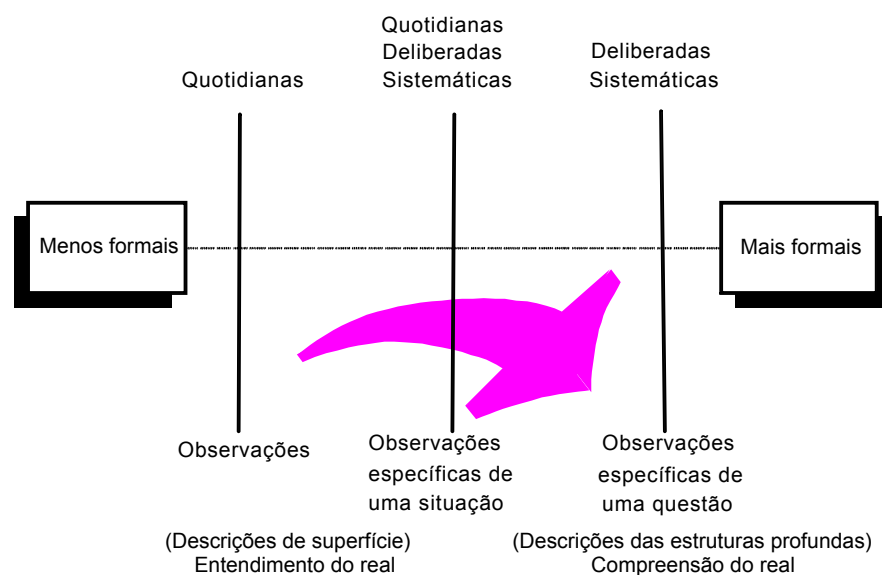


Figura 39 - Contínuo de tipos de observação segundo Wittrock (1989, p. 308).

Estrela (1994) estabelece uma distinção entre diferentes formas de observar, tomando como critério principal a situação ou atitude do observador, o processo de observação e os aspectos ou características do campo de observação.

Na perspectiva da situação ou atitude do observador, tivemos uma observação, em sala de aula, que poderá ser considerada distanciada. No sentido de minimizar a perturbação



introduzida pela presença do investigador, limitámos o nosso papel ao de mero observador, evitando contactos com a professora que leccionava e com os alunos.

Na perspectiva do processo de observação, utilizámos uma observação contínua e intermitente; directa e indirecta. Observação intermitente na turma experimental e na turma de controlo. Na turma experimental quando do preenchimento do pré-teste e pós-teste pelos alunos e ainda quando da assistência às aulas que antecederam a leccionação da Acústica, e que serviram de preparação do trabalho cooperativo. Observação contínua na turma experimental e na turma de controlo durante a abordagem da Acústica. Nas duas turmas a observação foi directa e, também, por vezes indirecta.

Costa (1999) utiliza a expressão observação directa para designar o conjunto de técnicas de observação visual e auditiva, não abrangendo interacções verbais específicas com o observador. Observação directa “em que o próprio investigador procede directamente à recolha das informações, sem se dirigir aos sujeitos interessados. Apela directamente ao seu sentido de observação” (Quivy e Campenhoudt, 1992, p. 165). Neste caso, a observação incide sobre os indicadores inicialmente previstos, tendo como ajuda um guia de observação que é construído a partir desses indicadores e que considera os comportamentos a observar.

Quivy e Campenhoudt (1992) consideram observação indirecta, aquela em que o investigador obtém a informação pretendida dirigindo-se ao sujeito. “Ao responder às perguntas, o sujeito intervém na produção da informação. Esta não é recolhida directamente, sendo portanto menos objectiva” (idem, p. 166). Na realidade, estes pensadores consideram a existência de dois intermediários entre informação procurada e informação obtida: o instrumento constituído pelas perguntas a colocar e o sujeito a quem o investigador solicita que responda.

Quanto aos aspectos do campo de observação, esta foi essencialmente grupal, contudo, em algumas ocasiões, também foi individual.

Durante o trabalho de campo foram feitos registos das observações pela investigadora e por um observador externo na tentativa de registar as impressões e os episódios significativos.

Utilizaram-se para o efeito grelhas de observação e por vezes gravações áudio das tarefas investigativas com o objectivo de captar aspectos que de outra forma poderiam passar despercebidos e que analisados fora do contexto da aula fornecem outros dados que adicionados aos recolhidos pelas grelhas de observação dão uma clarificação do que realmente ocorreu.

Para construir as grelhas de observação, seguimos a ideia de Carmo e Ferreira (1998) de “tirar partido das leituras e contactos efectuados no estudo exploratório bem como a um reconhecimento prévio no terreno a observar” (p. 103). Deste modo, o investigador não foi “desarmado para o campo” (idem, p. 103), precavendo-se do risco de recolher informação inútil, ou de lhe escapar informação que poderia ser pertinente para o seu estudo.

#### 6.3.2.1 Grelhas de observação naturalista em sala de aula

Na observação o importante não é apenas recolher informações através dos indicadores, mas também obter essas informações para que, mais tarde, se possa aplicar o tratamento necessário à verificação das hipóteses (Quivy e Campenhoudt, 1992). Daí, ser necessário ter em atenção, desde logo, a concepção do instrumento de observação, o tipo de informação que proporcionará e o tipo de análise que permitirá.

Para se obter uma informação válida, a partir dos dados recolhidos da observação, torna-se imprescindível adoptar uma abordagem estruturada, que pode ser conseguida através de diversas formas de registos de observação. Estes “devem ser de fácil preenchimento e manuseamento e constituir um suporte para o professor na planificação do ensino e na identificação das principais dificuldades e progressos dos alunos” (Valadares e Graça, 1998, p. 106).

Estas formas de registo de observação, no nosso caso foram duas grelhas de observação. Uma foi referente à interacção dos grupos de trabalho em actividade cooperativa na sala de aula, onde havia a preocupação de assinalar a existência ou a ausência de

comportamentos específicos da actividade cooperativa e uma outra relativa à descrição de situações e comportamentos dos alunos em sala de aula no âmbito da leccionação da Acústica, com o objectivo de registar os diálogos sobre o tema, entre alunos-alunos e professor-alunos. A primeira foi utilizada apenas na turma experimental e foi preenchida por uma observadora externa, enquanto que a segunda foi aplicada à turma experimental e à turma de controlo e o seu preenchimento esteve a cargo da investigadora.

No preenchimento de qualquer das grelhas a função das observadoras limitou-se a presenciar as ocorrências nunca chamando a atenção aos discentes, pertencendo este papel à professora que leccionava.

A construção da grelha de observação da interacção entre os elementos do grupo cooperativo foi baseada, sobretudo, nos skills de implementação de trabalho de grupo cooperativo dos autores Johnson e Johnson (1989,1994, 1999), Johnson, Johnson e Holubec (1994, 1999)

Os comportamentos tidos em conta foram:

- movimenta-se no grupo sem incomodar os outros;
- usa um tom de voz baixa;
- assume a sua própria responsabilidade;
- encoraja a igual participação de todos os elementos do grupo;
- não interrompe os colegas;
- chama a atenção dos membros do grupo para que falem em tom baixo;
- define e redefine o objectivo da tarefa;
- estabelece ou chama a atenção para o limite de tempo;
- apresenta sugestões acerca de como realizar a tarefa com mais eficácia;
- avisa os outros quando se discute algo não relacionado com a tarefa;
- expressa apoio e respeita as tarefas dos outros (verbalmente ou por gestos);
- oferece-se para explicar ou aclarar ideias e justifica-as;

- ajuda os colegas com dificuldades;
- pede ajuda para tentar resolver problemas do grupo;
- procura elaborar o que se estabeleceu;
- aceita as ideias dos outros, ainda que não concorde com elas;
- estimula o grupo quando a motivação é baixa, sugerindo novas ideias, recorrendo ao humor ou demonstrando entusiasmo;
- sintetiza em voz alta as ideias do grupo;
- pede aos membros do grupo que expliquem o raciocínio utilizado na realização da tarefa;
- procura estratégias para lembrar factos ou ideias importantes;
- critica ideias sem criticar as pessoas;
- adiciona nova informação à informação de outro elemento do grupo;
- questiona aquilo a que o grupo chega ou a resposta de um dos membros do grupo para ter a certeza acerca das conclusões;
- gera perguntas de respostas e produz várias respostas plausíveis para se proceder a uma escolha.

Esta grelha de observação sobre o funcionamento do trabalho de grupo cooperativo nas aulas de Acústica, encontra-se no anexo II (p. 944), assim como uma outra grelha de observação relativa ao registo de actividades, material utilizado, dinâmicas de comunicação professor-alunos e aluno-aluno acerca da Acústica.

Na elaboração desta última grelha teve-se em conta as ideias defendidas por Estrela (1994) e Quivy e Campenhoudt (1992). Estes últimos autores afirmam que “a utilização de grelhas de observação muito formalizadas facilita a interpretação, mas, em contrapartida, esta arrisca-se a ser relativamente superficial e mecânica perante a riqueza e a complexidade dos processos estudados” (p. 200).

Um outro aspecto levantado por estes autores, tem a ver com o facto de que para observar é necessário ter formação e a “única verdadeira formação em observação é a

*prática*” (p. 200). Por outro lado, acrescentam ainda estes investigadores, “para tornar mais perspicaz o olhar do perito, é necessário um confronto longo e sistemático entre a reflexão teórica, inspirada na leitura dos bons autores e os comportamentos observáveis na vida colectiva” (pp. 200-201).

Também Carmo e Ferreira (1998) advertem que para se saber observar há que “tirar partido das leituras e contactos efectuados no estudo exploratório bem como de um reconhecimento prévio no terreno a observar” (p. 103).

Para que as grelhas de observação, elaboradas pela investigadora, fossem de fácil preenchimento e se tornassem profícuas quando aplicadas no terreno, foram testadas pela investigadora e pela observadora externa, fora da unidade temática da Acústica, com os mesmos alunos. A investigadora testou a grelha de observação relacionada com a leccionação da Acústica e a grelha de observação da interacção dos elementos dos grupos cooperativos nas aulas de Acústica da turma experimental. Esta última também testada pela observadora externa, uma vez que seria ela a utilizá-la quando fosse leccionada a Acústica. No fim, e seguindo a opinião de Quivy e Campenhoudt (1992) foram comparadas as observações e interpretações da investigadora e da observadora externa. Daí, resultaram pequenos ajustes, nomeadamente, nos itens da grelha de observação da interacção dos elementos dos grupos cooperativos. Foram eliminados alguns itens que de algum modo eram repetidos e além disso eram em número excessivo, o que dificultava a sua utilização.

A análise dos dados recolhidos nas grelhas de observação é de natureza essencialmente descritiva.

### 6.3.3 Protocolos experimentais

Os protocolos experimentais utilizados nas aulas de Acústica foram elaborados pela investigadora e serviram de suporte a uma estratégia construtivista que se procurou implementar em sala de aula.

Esta estratégia baseou-se no pressuposto de “dar aos alunos o poder de construir o seu próprio conhecimento” Brooks e Brooks (1999, p. 114), e, para isso, é fundamental que se estimule a negociação de ideias entre alunos e entre alunos e professor. Neste sentido, o papel do professor será o “de um facilitador e orientador da mudança conceptual que ocorre no aluno, proporcionando-lhe experiências de aprendizagem que revelem a necessidade de modificar as suas concepções” (Valadares e Graça, 1998, p. 19).

Assim, tendo presente estas ideias, bem como outras, cujos propósitos se encontram caracterizados na revisão da literatura, nomeadamente artigos científicos sobre o tema da Acústica, construímos os protocolos com os seguintes objectivos:

- privilegiar situações onde ocorra acção mas também reflexão;
- valorizar o trabalho em equipa de modo cooperativo;
- aprender com os erros;
- desenvolver relações interpessoais;
- consciencializar o aluno sobre a aprendizagem, co-responsabilizando-o na aquisição de conhecimentos;
- diversificar quanto possível os métodos de ensino-aprendizagem.

Além disso, foi nosso propósito evitar que os protocolos das actividades experimentais se transformassem nas habituais “receitas de cozinha” a que os alunos se habituaram, para isso, elaborámo-los de modo a que a informação se armazenasse pela interpretação, pela construção de conhecimento por parte do aluno.

Os protocolos experimentais em cujas temáticas, à partida, os alunos poderiam ter mais dificuldades foram validados por alguns alunos de outra turma, também do 8º ano, que não fez parte da nossa amostra de investigação, reunidos em três grupos que trabalharam em horário não lectivo e em regime de voluntariado.

As actividades experimentais em causa foram as referentes à propagação das ondas, ondas longitudinais e ondas transversais, aos fenómenos sonoros e às propriedades do som. Com base no resultado das observações efectuadas pela investigadora, fizeram-se pequenos ajustamentos na linguagem escrita das respectivas fichas.

Todas as temáticas implícitas nas actividades mencionadas nos protocolos experimentais correspondem aos subtemas de Acústica previstos nas Orientações Curriculares da área Ciências Físicas e Naturais, componente Ciências Físico-Químicas do Ensino Básico, implementado pelo Ministério da Educação (anexo II, pp. 945-948).

No anexo II (pp. 949-987) encontram-se os protocolos experimentais utilizados durante a leccionação da temática da Acústica, na turma experimental.

Nesses protocolos experimentais, para além das actividades experimentais, foram incluídas, também, actividades que envolviam a utilização de instrumentos metacognitivos, como o mapa conceptual e o Vê de Gowin, e actividades que utilizavam as TIC como uma ferramenta de ensino e aprendizagem das ciências físicas.

Para Mintzes et al. (2000) e Cachapuz et al, (2002) as TIC constituem uma ferramenta eficaz para aprender ciências, pois permitem um crescimento da autonomia dos alunos e constituem um recurso mediante o qual se tem acesso a um maior e mais actualizado volume de informações, permitindo, inclusivamente, através de e-mail, chat-rooms e news-groups, trocar informações e ideias. Além disso, também, permitem testar ideias mediante a simulação de experiências.

Sobre a utilização dos computadores no ensino, Fiolhais e Trindade (s/d) fazem um balanço “inegavelmente positivo” (p. 1), afirmando que estes são um potencial pedagógico, mas que “só poderá ser plenamente realizado se estiverem disponíveis programas educativos de qualidade e se existir uma boa articulação deles com os currículos” (p. 1).

Para estes autores

uma característica da Física que a torna particularmente difícil para os alunos é o facto de lidar com conceitos abstractos e, em larga medida, contra-indutivos. A capacidade de abstracção dos estudantes, em especial os mais novos, é reduzida. Em consequência, muitos deles não conseguem apreender a ligação da Física com a vida real. (p. 2)

Assim, o professor deve ter a responsabilidade de proporcionar aos alunos experiências de aprendizagens eficazes, procurando combater as suas dificuldades e, simultaneamente,

actualizar os instrumentos pedagógicos que utilizam na sala de aula (Fiolhais e Trindade, s/d).

Segundo alguns autores, como, por exemplo, Hestenes (1987), Lawson e McDermott (1987) e McDermott (1990), os métodos tradicionais de ensinar Física são inadequados, daí não ser de admirar a constatação de lacunas na aprendizagem de determinados conceitos complexos e difíceis de visualizar se, forem apenas, mostrados de uma forma verbal ou textual.

Miguéns (1998), igualmente, considera que as TIC desempenham um papel fulcral no “ensino dos conceitos relacionados com a evidência, envolvendo questionamento crítico e reflexão sobre as investigações planeadas e levadas a cabo pelos alunos” (p. 180). Segundo o autor, a utilização de computadores no trabalho laboratorial traz múltiplas vantagens, tais como: a familiarização das crianças e dos jovens com a cultura tecnológica; a facilitação da manipulação de dados, de variáveis e de informação; a possibilidade de efectuar simulações; oportunidades que encorajam o aluno a pensar, especular e reflectir nos processos que utiliza, entre outras.

Neste sentido, Gates (1999) explicita que o computador pode ser

um novo e poderoso instrumento de ensino para os professores que saem do mundo do quadro preto e do giz. Graças ao Power Point, por exemplo, os professores sabem que podem manter as crianças atentas ao assunto mediante a inclusão de fotografias, de excertos de filmes e de ligações às páginas de Internet. (p. 342)

Os computadores oferecem um grande número de possibilidades para ajudar a resolver alguns problemas no ensino das ciências (Fiolhais e Trindade, 2000). Designadamente, a utilização de software educacional estimula e ajuda a resolver dificuldades de aprendizagem.

Todavia, este meio não deve ser encarado como uma substituição inteira e radical das formas tradicionais de leccionar, mas poderá e deverá ser um complemento adaptado a dificuldades específicas dos discentes (Fiolhais e Trindade, s/d).

Dentro desta linha de pensamento, Praia (1998) defende a ideia das TIC como “um recurso didáctico complementar e suplementar de outros recursos mais tradicionais (como o Manual Escolar)” (p. 166). Segundo o autor, trata-se de uma utilização adaptada para



explorar diversos aspectos como “simulação, modelação, interactividade, movimento, perspectiva tridimensional” (idem, p. 166).

Por seu turno, Morgado (1996) alude que uma faceta que fundamenta a utilização do computador no ensino é encará-lo como um parceiro que providencia oportunidades de aprendizagem e, simultaneamente, como uma ferramenta que permite desenvolver as capacidades cognitivas. O papel do computador será o de contribuir para um ensino mais dirigido ao aluno, tendo em conta os processos e ritmos de aprendizagem de cada um.

Nestas ideias está impregnada a teoria construtivista, segundo a qual cada aluno constrói a sua visão do mundo através das suas experiências individuais (Schuman, 1996). Os alunos constroem a sua realidade e interpretam-na baseados nas suas percepções das experiências, sendo, por isso, o conhecimento individual função das experiências tidas, das estruturas mentais e das crenças que são utilizadas para interpretar as coisas (Jonassen, 1991).

Dos diversos modos de utilização do computador no ensino das ciências, em geral e, em particular da Física, a simulação é muito utilizada e tem obtido resultados muito positivos (Good e Berger, 2000; Fiolhais e Trindade, s/d; Pedrajas, 2005b).

Embora Fiolhais e Trindade (s/d) recomendem que as simulações computacionais não devam “substituir por completo a realidade que representam, elas são bastante úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática (por serem muito caras, muito perigosas, demasiado lentas, demasiado rápidas, etc.)” (p. 12).

No caso concreto da Acústica, utilizámos uma simulação de ondas do programa Modellus (2000) desenvolvido por Teodoro, Vieira e Clérigo da Universidade Nova de Lisboa, com o objectivo de ajudar os alunos a distinguirem melhor ondas transversais de ondas longitudinais.

Tendo em conta a faixa etária dos alunos e o propósito de utilização do programa, as suas acções básicas não foram no sentido de alterar os valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados, mas, apenas, visualizar as ondas que o próprio programa ao ser iniciado executa. Esta experiência serviu, assim, de complemento à

actividade experimental sobre o tema realizada pelos alunos, antes da utilização do programa informático.

O acesso a boas simulações, como é o caso do Modellus, contribui para solucionar algumas questões no ensino das ciências (Good e Berger, 2000), principalmente de conceitos difíceis de serem apreendidos, como é o caso das ondas. Para estes autores “parece inevitável que as simulações bem esquematizadas se tornem um modo de ensinar ciência mais importante e penetrante, e um mecanismo de aprendizagem para o século XXI” (p. 198).

Outro possível modo de utilização do computador é o multimédia. Este termo alude a um programa que pode incluir uma variedade de elementos, como, por exemplo, textos, sons e imagens, que podem ser paradas ou animadas, simulações e vídeos num sistema de computador (Boyce 1997; Sousa, 2005). Esta definição é também partilhada por Ribeiro e Gouveia (s/d) que, no entanto, a expressa de uma forma mais completa:

multimédia designa a combinação, controlada por computador, de texto, gráficos, imagens, vídeo, áudio, animação e qualquer outro meio pelo qual a informação possa ser representada, armazenada, transmitida e processada sob a forma digital, em que existe pelo menos um tipo de média estático (texto, gráficos ou imagens) e um tipo de média dinâmico (vídeo, áudio, ou animação).

As características essenciais da multimédia são a flexibilidade na selecção do percurso a seguir e a interactividade. Sem estas características

não é possível fazer do aluno um participante activo no processo de aprendizagem. As possibilidades neste campo são imensas. Embora num livro também seja possível sugerir ao aluno que resolva um exercício num determinado ponto, não é de todo viável efectuar uma avaliação dos resultados obtidos e sugerir caminhos de continuação. Por exemplo, lembrar conceitos anteriores ainda não dominados ou avançar rapidamente para outro assunto. (Santos et al., 1996)

Para Sousa (2005) o grande apelo pedagógico que advém do multimédia

é o facto de estar baseado nas habilidades naturais de processamento de informações humanas. Os nossos olhos e ouvidos, em conjunto com o nosso cérebro, compõem um formidável sistema para transformar dados sem sentido em informações, embutindo estes dados de significado. (p. 129)

No caso concreto do trabalho de campo da investigação os alunos utilizaram multimédia em vários subtemas da Acústica.

► Produção de sons:

- com o programa Aldo's Pianito 3.5 de Aldo Vargas (2004). A informação foi recolhida por nós da Internet e colocada no disco do computador. O facto de os alunos não terem trabalhado a informação em on-line deveu-se às condições precárias existentes nas salas de aulas onde decorreu a actividade experimental da Acústica, locais que não tinham condições que permitissem a ligação à Internet.
- com o CD-Rom intitulado "A better understanding of Hearing" produzido por Danish Information Center, Copenhaga. Trata-se de um CD dividido por vários itens, referentes a vários assuntos de Acústica. Estes iam sendo explorados na sala de aula à medida que se avançava no desenvolvimento do tema. De realçar que este CD tem a possibilidade de ser lido em português. Nos protocolos experimentais o nome deste CD surge com a designação Som. No caso particular da produção de sons o item analisado foi "Sons do dia-a-dia".

► Fenómenos sonoros, concretamente a reflexão do som e em particular a reverberação e o eco:

- com o CD-Rom chamado "Initiation à l'acoustique" (2003) de Fischetti.

► Propriedades do som, nomeadamente:

- o timbre, com o CD-Rom intitulado "Instrumentos musicais";
- a altura do som, com o CD-Rom intitulado "Som" em particular o item "Frequências altas e baixas";

► Audição de sons:

- com o CD-Rom "Som" em particular os itens "Audição" e "Perda Auditiva".

Ao pesquisarmos o software educacional existente no mercado sobre a temática da Acústica, e ao procedermos à sua respectiva avaliação, seguimos as orientações de Chagas (1998), uma vez que esta autora afirma serem "fruto da prática e da reflexão" (p. 115) proveniente da sua experiência profissional. Esta investigadora diz que o software educativo "deve ser flexível, atraente, surpreendente e estimulante, a fim de poder ser utilizado

*regularmente na sala de aula*” (p. 115). Flexível, por permitir múltiplas abordagens adequadas a diversos objectivos curriculares, opinião que também é partilhada por Praia (1998). Atraente, por possuir várias qualidades: estéticas, técnicas e conceptuais. As qualidades estéticas, segundo a autora, é o factor “citado mais frequentemente pelos utilizadores como determinante da sua escolha de um dado programa” (Chagas, 1998, p. 115) e dizem respeito a aspectos visuais e sonoros que, globalmente, devem constituir algo de agradável e harmonioso para o sujeito que o explora. A este respeito também Sousa (2005) alude que “uma das primeiras vantagens dos softwares multimédia é o facto de serem mais agradáveis de se utilizar” (p. 129).

Quanto às qualidades técnicas, estas são importantes em dois sentidos (Chagas, 1998). Primeiro, para que o utilizador não se sinta “perdido” quando está a explorar o programa, e segundo, para que apreenda de modo rápido quais os passos fundamentais para executar as operações e seguir o caminho que aspira.

Por outro lado, torna-se importante que ao utilizador seja permitido um vasto leque de decisões e, além disso, que possa constatar rapidamente quais as consequências dessas deliberações. Esta capacidade de diálogo entre o utilizador e o computador traduz a interactividade do programa, factor a ter em conta na sua selecção. Sousa (2005) relembra igualmente que a maior vantagem do multimédia é a “possibilidade de interacção do utilizador com a aplicação, na medida em que este escolhe os caminhos a serem seguidos na sua navegação, utilizando o potencial pleno da fala, audição, controlos manuais e por vezes feedback tátil” (p. 129).

Em relação às qualidades conceptuais, o software deve abordar questões significativas, interessantes, não se limitando a solicitar as capacidades de memorização dos estudantes (Chagas, 1998). Além disso, estas qualidades devem ser adequadas à sua faixa etária e nível de conhecimentos e, acrescente-se, é fundamental que não contenha erros científicos. O software deve ainda ter capacidade de surpreender, criando, por exemplo, situações inesperadas que provoquem o entusiasmo e a motivação dos aprendizes sobre o tema abordado; ou seja: deve ser estimulante de modo a que se deseje aprender mais. Por seu

lado, Driver et al. (1994) consideram fundamentais a articulação dos conteúdos, o seu rigor científico e o interface com o utilizador.

Após a selecção do software relacionado com a Acústica, e que indicámos anteriormente, seguimos as indicações dadas por Pedrajas (2005b), que defende a ideia de que o professor deve “elaborar um programa-guia de actividades que oriente o trabalho dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem das TIC baseado na aplicação educativa” (p. 335).

Como afirma Oliveira (1998), “não basta colocar computadores na sala de aula ou utilizar o software existente” (p. 124); se o professor não proporcionar a exploração didáctica, “a utilização das TIC pode provocar aprendizagens incorrectas, causar interpretações erróneas e impedir novas aprendizagens” (idem, p. 124). Deste modo, a autora refere-se ao papel importante que cabe aos docentes. Estes “devem providenciar instruções explícitas e ensinar os alunos a potencializar a utilização da informação como instrumento de aprendizagem” (Oliveira 1998, p. 125).

Donde se deduz que a “formação de professores é fundamental para se poder tirar partido destas novas ferramentas, uma vez que a metodologia do trabalho a seguir no processo educativo é uma responsabilidade do professor” (Pedrajas 2005b, p. 341). Este deverá ter formação tecnológica e didáctica para implementar em sala de aula metodologias que favoreçam a aprendizagem activa, reflexiva e significativa do aluno (Pedrajas 1999). Também Gates (1999) considera o envolvimento do professor como uma peça fundamental na utilização do computador. Segundo ele, “o êxito dos PCs como instrumentos de educação exige o envolvimento dos professores. Sem a formação destes e a alteração dos programas, o PC não terá grande impacto” (p. 341).

Pedrajas (2005b) menciona que os programas informáticos devem ser encarados como um “instrumento de complemento do trabalho docente e nunca devem desprezar o autêntico protagonista de aprendizagem que é o aluno” (pp. 340-341). Este investigador defende, ainda, que, para se conseguir que os alunos desempenhem um papel activo na utilização das TIC, há que melhorar a qualidade do software educativo e a metodologia

utilizada na sua exploração, para que, deste modo, se favoreça a reflexão e a interacção dos alunos.

Oliveira (1998) afirma que a utilização das TIC deverá ser no sentido de se ligarem

aos processos e funções cognitivas e metacognitivas a diferentes níveis, desde a atenção, à memória, à motivação e à resolução de problemas, dando relevo à necessidade de uma consciência reflexiva sobre a distância existente entre a possibilidade de acção imaginada pela múltipla informação e a realidade do mundo. (p. 120)

Pedrajas (1999) alerta para o facto de que alguns programas educativos, consultados na Internet ou mesmo à venda no mercado de software educativo, são pensados, sobretudo, como meros transmissores de conteúdos didácticos, podendo substituir o professor ou o livro de texto e permitindo a apresentação da informação e o desenvolvimento de actividades de instrução. Porém, estes instrumentos condicionam a interacção do aluno com o programa, ficando deste modo, sujeito apenas à recepção de conhecimentos e à utilização dessa informação em tarefas de avaliação do conhecimento adquirido.

Trata-se de um modelo de ensino-aprendizagem por transmissão e recepção de conhecimentos, onde as concepções dos alunos não são valorizadas no processo de aprendizagem da ciência, nem são criadas condições para o desenvolvimento de condutas científicas, nem a garantia de construção de conhecimentos significativos.

Pedrajas (2005a) classifica as funções formativas das TIC segundo três categorias, relacionadas com o desenvolvimento de três objectivos: conceptuais, procedimentais e atitudinais. Estes encontram-se explícitos no quadro 32.

Quadro 32- Objectivos educativos e funções das TIC a desenvolver na formação dos alunos (Pedrajas 2005a, p. 4).

| Objectivos educativos | Funções a desenvolver                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Conceptuais           | ► Facilitar o acesso à informação<br>► Favorecer a aprendizagem de conceitos    |
| Procedimentais        | ► Aprender procedimentos científicos<br>► Desenvolver destrezas intelectuais    |
| Atitudinais           | ► Motivação e desenvolvimento de atitudes favoráveis à aprendizagem da ciência. |

Quanto ao primeiro objectivo, o autor destaca investigações sobre o tema que colocaram em evidência os recursos multimédia como tendo importantes funções informativas,

contribuindo para melhorar a aquisição de conhecimentos de tipo conceptual, uma vez que “entre outras coisas, facilitam o acesso a conteúdos educativos sobre qualquer matéria e permitem apresentar todo o tipo de informação (textos, imagens, sons, vídeos, simulações,...) relacionada com fenómenos, teorias e modelos científicos” (Pedrajas 2005a, p. 4). Acerca do segundo objectivo, o investigador destaca alguns estudos realizados sobre esta temática, mostrando a existência de

vários tipos de recursos informáticos que contribuem para o desenvolvimento de conhecimentos procedimentais e destrezas como a construção e interpretação de gráficos, a elaboração e contestação de hipóteses, a resolução de problemas assistida por computador, o trabalho de sistemas informáticos de aquisição de dados experimentais, ou o desenho de experiências de laboratório mediante programas de simulação de procedimentos experimentais. (idem, p. 4)

Por último, o terceiro objectivo refere-se ao uso educativo das TIC no sentido de fomentar o desenvolvimento de atitudes favoráveis na aprendizagem da ciência e da tecnologia. Sobre este objectivo, Pedrajas (2005a) refere também vários estudos que puseram em foco que o uso de programas interactivos, assim como “a procura de informação científica na Internet, ajuda a fomentar a actividade dos alunos durante o processo educativo, favorecendo o intercambio de ideias, a motivação e o interesse dos alunos na aprendizagem da ciência” (p. 4).

Foram estes objectivos, encarados numa perspectiva construtivista, que estiveram presentes na utilização das TIC nas aulas de Física durante a leccionação da Acústica. Sobre as ideias que estiveram implícitas na utilização dos instrumentos metacognitivos pelos alunos estas encontram-se descritas a seguir.

#### 6.3.4 Instrumentos metacognitivos: mapa conceptual e Vê de Gowin

A utilização destes instrumentos faz parte da estratégia construtivista utilizada na abordagem do tema Acústica. Estes instrumentos, embora já se tornem visíveis nos manuais

escolares, não são normalmente utilizados pelos professores. Daí que a maior parte dos alunos não estejam familiarizados com eles.

Defendendo que estes podem ser uma das mais poderosas ferramentas de ensino, aprendizagem e avaliação da aprendizagem, foram planeadas pela investigadora estratégias, para que a professora os utilizasse em sala de aula com os alunos das turmas de controlo e experimental antes da leccionação da Acústica. Na preparação dessas estratégias recorreu-se às bases teóricas epistemológicas e às indicações práticas para o ensino/aprendizagem da utilização destes instrumentos, as dadas, por exemplo, por Novak (2000) e Novak e Gowin (1999).

Após as reuniões realizadas entre a investigadora e a professora sobre a utilização dos instrumentos metacognitivos e após uma prolongada reflexão sobre os mesmos, a professora considerou que estava em condições de familiarizar os alunos com o uso desses instrumentos. Os mapas conceptuais foram previamente utilizados na turma de controlo e na turma experimental, enquanto que os Vê de Gowin apenas foram usados na turma experimental, uma vez que somente os alunos desta turma os iram produzir e discutir durante a leccionação da Acústica.

Assim, a docente, numa aula do 1º período, explicou aos alunos que iriam trabalhar com dois novos instrumentos de ensino, aprendizagem e avaliação, chamados “mapa conceptual” e “Vê de Gowin” e salientou a sua importância. Disse, ainda, que iriam começar pelo mapa conceptual. A estratégia utilizada pela professora nas duas turmas foi semelhante.

Ela explicou aos discentes que um mapa conceptual é uma forma de relacionar conceitos, diferente da forma como, normalmente, se escreve. Salientou, ainda, que, num mapa de conceitos, estes estão organizados por uma ordem de generalidade e abrangência e ligados entre si através de palavras de ligação, de forma a darem significado às ligações. Depois explicou o que é um conceito: a imagem mental ou significado que associamos às palavras, e que, por sua vez, as palavras são os rótulos para os conceitos que cada um de nós tem das coisas. Como exemplos de palavras-conceito foram referidos estrela, lua, cometas, planetas, atmosfera entre outros.



Posteriormente, a professora deu aos alunos uma folha onde se encontravam explicadas algumas regras a seguir na construção de mapas de conceitos. Esta folha encontra-se no anexo II (p. 988). Após a distribuição da folha, a professora propôs aos alunos que construísem, em conjunto, um exemplo de mapa conceptual e sugeriu aos alunos que indicassem uma série de palavras relacionadas com o conceito “fontes de energia”, temática abordada na altura nas aulas de Ciências Físico-Químicas, e escreveu as palavras no quadro.

Os alunos, que inicialmente estavam num natural silêncio, depressa mudaram a sua atitude quando a professora perguntou “as fontes de energia podem ser de que tipo?”. As respostas, à medida que iam surgindo, serviram para construir, colectivamente, o seguinte mapa de conceitos:

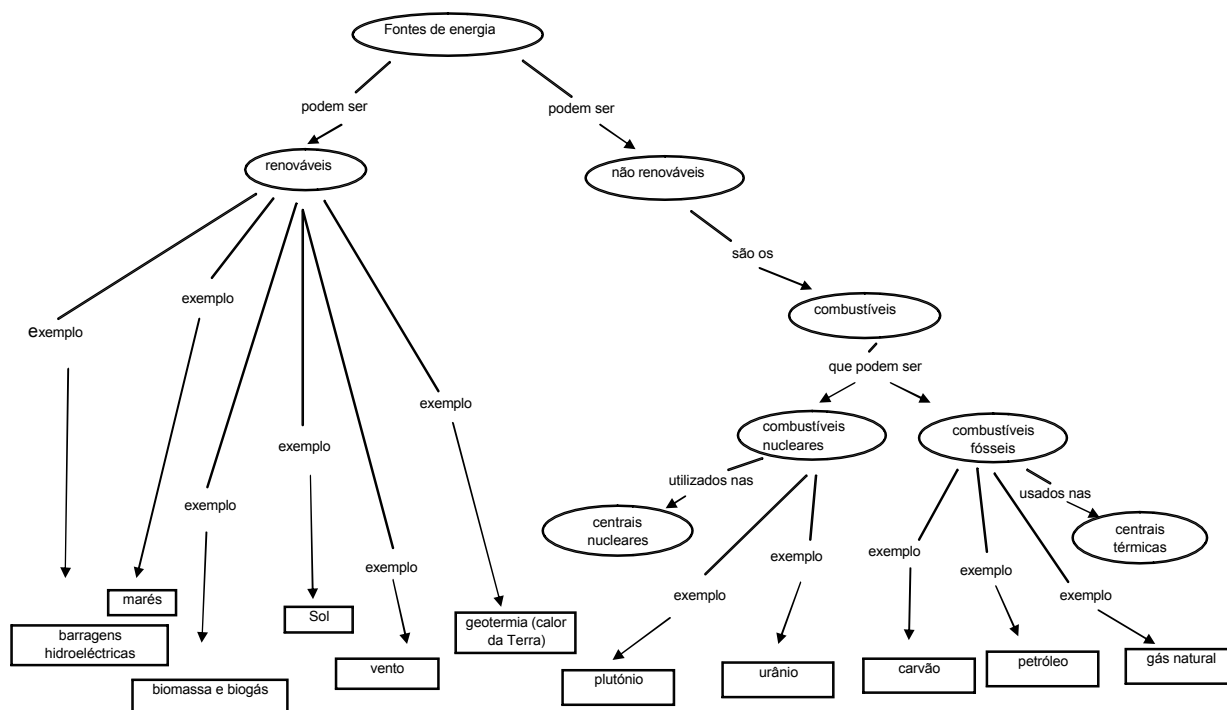


Figura 40 - Mapa de conceitos sobre as fontes de energia.

O mapa conceptual obtido anteriormente foi semelhante nas duas turmas.

Mais tarde, e ainda dentro da unidade energia, com a temática “formas fundamentais de energia”, foi elaborado um outro mapa conceptual na sala de aula, em conjunto com os alunos. Após um debate animado em que os alunos esclareceram as suas dúvidas,

ensaaiaram-se relações conceptuais e surgiu o mapa de conceitos da figura 41, que foi escrito e reescrito pela professora no quadro, à medida que ia sendo construído.

O mapa, tal como está na figura 41, foi obtido na turma experimental. O mapa obtido na turma de controlo, quer em relação à organização dos conceitos quer à sua hierarquização, foi semelhante ao da primeira.

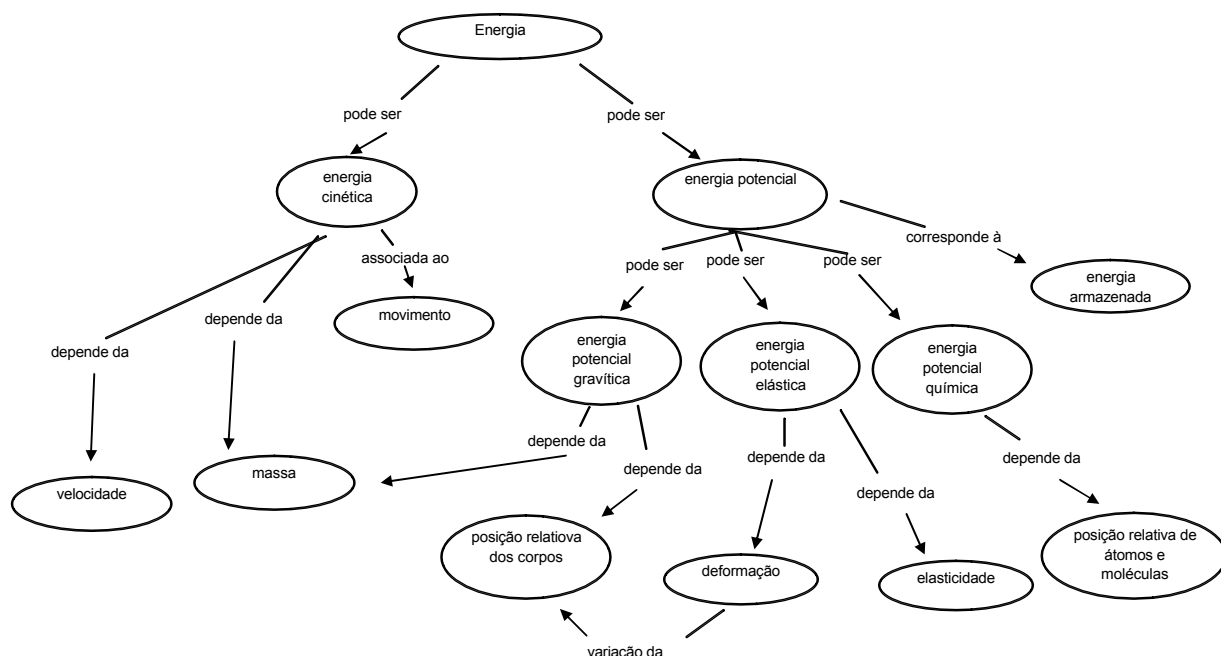


Figura 41- Mapa de conceitos sobre as formas fundamentais de energia.

Posteriormente, quando foi dada por terminada a leccionação da unidade de óptica, a professora solicitou aos alunos que construíssem um mapa conceptual sobre a Luz, a partir de uma lista de conceitos fornecidos. Mais uma vez, a docente lembrou aos alunos os aspectos a considerar na elaboração de um mapa, chamando a atenção para o conteúdo da folha informativa dada anteriormente.

Os conceitos dados pela professora foram: luz, instrumentos ópticos, microscópios, binóculos, telescópios, corpos luminosos, corpos iluminados, reflexão, refração, espelhos, lentes, olho e visão.

Da análise geral dos mapas construídos constatou-se que a maior parte dos alunos das duas turmas evidenciavam deficiências no grau de hierarquização, integração e diferenciação de conceitos e ainda na escolha de palavras de ligação. Por isso, foi necessário fazer um

trabalho continuado e, mesmo, persistente junto deles, envolvendo análise e discussão individualizada dos mapas, quer sobre as deficiências encontradas quer sobre os aspectos conseguidos no mapa. Foram apresentados outros mapas de colegas que estavam melhor elaborados e foram sugeridas melhorias e solicitadas reformulações baseados nos mesmos. Os progressos a pouco e pouco foram surgindo nos alunos. O mapa conceptual que serviu de padrão para aquele que tinha sido pedido aos alunos encontra-se no anexo II (p. 989). Este foi construído pela investigadora e largamente discutido com a professora.

Relativamente ao Vê de Gowin foi utilizado pelos alunos como parte da estratégia aplicada à turma experimental. Seguindo a sugestão de Novak e Gowin (1999), a familiarização dos alunos com este instrumento foi posterior à utilização dos mapas conceptuais, para que eles já se encontrassem, de algum modo, familiarizados com o que se entendia por conceitos.

A introdução deste instrumento foi feita a partir de um trabalho prático “A energia fornecida por diferentes frutos secos”. Foi referida pela professora qual a questão-foco a investigar: “dados dois frutos secos diferentes qual deles tem maior poder energético?”. Para a preparação deste trabalho, foram analisados e discutidos, em sala de aula, a questão que se pretendia investigar, o material a utilizar e o respectivo procedimento experimental, as ideias básicas (teoria) inerentes à actividade, e ainda os conceitos envolvidos. A actividade experimental foi realizada na aula e executada por dois alunos voluntários perante a turma e o olhar atento da professora.

Após a realização da actividade, a professora, em diálogo com os estudantes, foi construindo, no quadro, o Vê de Gowin correspondente. Discutiu-se a relação da questão-foco com os acontecimentos propostos, registaram-se as ideias básicas, os princípios e os conceitos inerentes à actividade. Os dados recolhidos foram organizados num gráfico e, a partir deles, formularam-se alguns juízos cognitivos e de valor fundamentados nos conceitos que os alunos conheciam. O Vê de Gowin que serviu de preparação a esta actividade encontra-se no anexo II (p. 990).

Por exigências da planificação de aulas, não foi possível despendar mais tempo para a realização de actividades experimentais e consequente elaboração individual do Vê de Gowin. Contudo, foram ainda, apresentados, pela professora, outros exemplos retirados da literatura (Moreira e Buchweitz, 1993; Valadares e Graça, 1998).

#### 6.3.5 Pré-teste

O pré-teste foi constituído por uma sequência de questões, para as quais foram definidos objectivos gerais e específicos. Como objectivos gerais pretendia-se avaliar se as duas turmas envolvidas no estudo seriam equivalentes e detectar as pré-concepções que os alunos possuiriam acerca do tema da Acústica, nomeadamente nos subtemas que fazem parte do programa do 3º Ciclo do Ensino Básico: produção do som, propagação do som, fenómenos sonoros, propriedades do som, audição de sons e poluição sonora. Por outro lado, e ainda dentro dos objectivos gerais, pretendia-se formular as questões segundo várias etapas cognitivas: conhecimento de factos; compreensão de factos; aplicação de conhecimentos a situações novas e altas capacidades cognitivas.

Os objectivos gerais e os objectivos específicos formulados para cada uma das questões constituintes do pré-teste encontram-se no anexo II (pp. 991-994).

A formulação das questões do pré-teste teve em linha de conta alguns aspectos como: a população-alvo a quem eram dirigidas, o aferir várias competências como, por exemplo, interpretação de tabelas, de gráficos, de figuras e o diversificar o tipo de itens.

Os itens apresentados no pré-teste são objectivos e não objectivos: dentro dos primeiros, incluímos os de escolha múltipla, resposta curta, de completamento, verdadeiro-falso e de associação; nos segundos incluímos os de composição curta/resposta restrita. No anexo II (p. 995) apresentamos um quadro onde indicamos para cada questão o tipo de item.

De modo a assegurar a validade interna do pré-teste, os objectivos gerais e específicos por item foram submetidos à apreciação de um conjunto de especialistas da área, constituído

por professores do Ensino Superior e do Ensino Secundário. A acompanhar o pré-teste ia uma carta dirigida aos especialistas no sentido de os orientar na validação. Essa carta encontra-se no anexo II (p. 996). Após as sugestões apresentadas e a sua concordância, procedeu-se a pequenos ajustes resultando a versão apresentada no anexo II (pp. 997-1003).

O pré-teste foi aplicado nas duas turmas envolvidas no trabalho de campo. A acompanhar o pré-teste foi distribuída uma folha escrita com algumas informações gerais acerca do mesmo. Essa folha encontra-se no anexo II (p. 1004). Durante o preenchimento do pré-teste, alguns alunos da turma experimental tiveram dúvidas em algumas questões relacionadas com as propriedades do som/propriedades das ondas e com os audiogramas. Estas dúvidas eram próprias de quem não tinha ouvido falar da temática e pretendia responder o melhor possível. Os alunos da turma de controlo, aparentemente, não revelaram dúvidas em relação ao conteúdo do pré-teste.

Para cada item foi feita uma análise descritiva, de modo a comparar as duas turmas envolvidas no estudo, tendo ainda sido atribuída uma pontuação a cada questão do pré-teste. Essa pontuação encontra-se na matriz de objectivos gerais/conteúdos referida anteriormente. Para cada item formulámos, ainda, uma resposta cientificamente aceite, à qual foi atribuída a pontuação mencionada na matriz de objectivos gerais. Esta encontra-se no anexo II (pp. 1005-1006). Os resultados obtidos no pré-teste encontram-se no capítulo 7, na secção 7.3.

#### 6.3.6 Pós-teste

O pós-teste, tal como o pré-teste, foi constituído por diversas questões, para as quais foram definidos objectivos gerais e específicos. O principal objectivo geral consistiu em avaliar se tinha ocorrido mudança conceptual nos alunos sobre os conceitos envolvidos na temática da Acústica. Os objectivos gerais e específicos para cada questão do pós-teste estão apresentados no anexo II (pp. 1007-1010).

Os objectivos e os conteúdos inerentes às questões deste instrumento foram semelhantes aos do pré-teste, assumindo, porém, uma formulação diferente, de modo a evitar qualquer efeito de memorização de respostas do pré-teste. Saliente-se que o intervalo de tempo entre a administração dos dois instrumentos foi de cerca de seis meses.

A estrutura do pós-teste foi semelhante à do pré-teste, tendo itens objectivos de escolha múltipla, resposta curta, verdadeiro-falso e de associação, e itens não objectivos de composição curta/resposta restrita (anexo II, p. 1011).

Procurou-se que o número de questões em cada subtema, assim como a respectiva pontuação, fosse semelhante nos dois testes (anexo II, p. 1012). Comparando o pós-teste com o pré-teste, no primeiro algumas perguntas referentes aos mesmos subtemas foram fechadas, de modo a proporcionarem uma maior objectividade no tratamento das mesmas (Carmo e Ferreira, 1999). É o caso das questões 2.2, sobre os princípios de funcionamento dos instrumentos musicais; 4, referente ao conceito de onda; 6.1, sobre a velocidade do som e da luz; 7.2, acerca do significado de comprimento de onda; 18.3, sobre a comparação de audiogramas de duas pessoas.

Em contrapartida, algumas questões que no pré-teste eram fechadas, no pós-teste tornaram-se abertas. Tal facto deveu-se ao interesse de detectar, através das próprias palavras dos alunos, se o(s) conceito(s) tinham sido aprendidos significativamente. É o caso das questões 3, relacionadas com as fontes sonoras; 14.3 e 14.4, sobre duas propriedades do som (altura e intensidade).

Decidiu-se manter aberta a primeira questão presente no pré-teste e no pós-teste acerca do conceito de som. Com isso, os alunos poderiam exprimir-se livremente acerca do conceito e, deste modo, poderíamos comparar se houve enriquecimento conceptual.

À semelhança do que aconteceu no pré-teste, o pós-teste foi sujeito a uma validação de conteúdo (anexo II, p. 1013). Para tal, foi acompanhado pelos objectivos gerais e específicos para cada item, referidos anteriormente. Após algumas, pequenas, sugestões, foi redigida a versão final, que apresentamos no anexo II (pp. 1014-1020).

A aplicação do pós-teste na turma experimental e na turma de controlo não suscitou qualquer dúvida por parte dos alunos, tendo este decorrido em Maio de 2005.

Tal como no caso do pré-teste, foi feita uma análise descritiva, item por item, tendo sido atribuída uma pontuação a cada questão. Esta encontra-se na matriz de objectivos gerais/conteúdos indicada anteriormente. Para cada item, formulámos, para referência, uma resposta cientificamente aceite, à qual foi atribuída a pontuação indicada na matriz referida anteriormente (anexo II, pp. 1021-1022). Os resultados obtidos no pós-teste encontram-se no capítulo 7, na secção 7.4.

#### 6.4 Preparação prévia do trabalho de campo

Tendo em conta o tema, as questões de investigação, os objectivos e a in experiência dos alunos e da professora no tipo de abordagem planeada para o trabalho de campo, foi desenvolvido um conjunto de actividades preparatórias para aplicar antes da leccionação da Acústica e que a seguir se apresentam.

##### 6.4.1 Contactos da pesquisadora com a professora que leccionou a Acústica e com a observadora externa

A intervenção que teve lugar de Fevereiro a meados de Maio de 2005 foi antecedida de inúmeros encontros com a professora que leccionou a Acústica e uma outra – a observadora externa, cujo papel foi o de registar, na grelha de observação, os dados acerca da actividade cooperativa. Esta observadora externa era uma das estagiárias que a professora que leccionou a Acústica tinha à sua responsabilidade, como orientadora do estágio integrado na Licenciatura de Físico-Química da Faculdade de Ciências de Lisboa. A observadora externa pertencia ao grupo disciplinar 4º A da escola onde decorreu a investigação e, além disso, era

o segundo ano que estava a dar aulas de Ciências Físico-Químicas. O impacto que a sua presença teve nas aulas de Acústica foi mínimo, pois, uma das obrigações do estágio é a assistência, por parte da estagiária, a algumas aulas leccionadas pela respectiva orientadora, o que já tinha acontecido algumas vezes.

Tanto a professora que leccionou a Acústica como a observadora externa mostraram-se curiosas acerca do trabalho a implementar, dando manifestações de entenderem aquilo que delas se esperava. Elas aceitaram os objectivos do desafio que lhes foi proposto.

Foi-lhes, então, entregue o material a utilizar nas aulas da turma experimental, de modo a que se pudessem familiarizar com ele e foram-lhes dadas explicações, as mais completas possíveis, acerca das actividades a realizar na sala de aula.

Tanto uma professora como a outra nunca tinham trabalhado com a metodologia da actividade cooperativa. Pretendia-se, deste modo, que adquirissem a máxima segurança e à-vontade para lidar com as situações que eventualmente pudessem surgir.

#### 6.4.2 Preparação da actividade cooperativa

##### 6.4.2.1 Critérios de constituição de grupos na turma experimental

Na turma experimental a formação dos grupos foi feita de acordo com uma adaptação da metodologia descrita por Slavin (1995, 1999), tendo sido constituídos grupos heterogéneos e cuja média de aproveitamento era semelhante. Para isso os alunos foram ordenados segundo uma ordem decrescente da média das classificações obtidas nas disciplinas de Matemática, Ciências Físico-Químicas e Português, no final do 7º ano de escolaridade (ano lectivo 2003/2004).

Posteriormente, a lista dos alunos foi subdividida em três partes, correspondendo cada uma a um nível de aproveitamento: elevado (designado pela investigadora como correspondendo aos níveis quatro e cinco), médio (nível três) e baixo (nível dois). À partida tínhamos decidido que, caso surgisse alguma dúvida em incluir um aluno dentro das



designações de aproveitamento elevado, médio e baixo, se iria valorizar a avaliação feita pela professora da turma até às reuniões intercalares do 1º Período.

Como a turma experimental era constituída por 28 alunos, formaram-se 6 grupos. Dois desses grupos foram constituídos por quatro elementos, cada um, e os restantes quatro grupos foram formados por cinco elementos, cada um. Tendo a investigadora o cuidado, ao distribuir os alunos pelos grupos, que cada um destes fosse constituído por alunos de cada uma das categorias de aproveitamento, elevado, médio e baixo. Procurou-se ainda verificar se nos grupos estavam misturados os alunos mais activos e com maior espírito de liderança com os alunos mais passivos ou introvertidos. Comparando os grupos formados por este processo com os que tinham sido formados no início do ano lectivo, verificou-se, nomeadamente na constituição de três dos grupos de trabalho, algumas diferenças acentuadas relativas ao grau de heterogeneidade de aproveitamento.

Por outro lado, a existência de uma aula de turnos, em que a turma estava dividida ao meio (14 alunos em cada turno), condicionou a constituição dos grupos, uma vez que os mesmos apenas podiam ser formados por alunos do mesmo turno. Assim, após os grupos formados e obedecendo a este princípio, houve necessidade de trocar dois alunos, de modo a que os alunos de cada um dos grupos pertencessem todos ao mesmo turno. A troca efectuada ocorreu entre alunos do mesmo escalão de aproveitamento. De uma forma geral, a constituição dos grupos foi bem aceite pelos alunos.

#### 6.4.2.2 Construção da equipa cooperativa

Segundo Slavin (1995, 1999) antes de se iniciar “qualquer programa de actividade cooperativa, é conveniente realizar um exercício (ou mais) de construção da equipa, para dar aos grupos a possibilidade de fazer algo por diversão e de conseguir conhecerem-se melhor” (p. 93). Assim, neste sentido, os alunos da turma experimental realizaram duas actividades, que tinham como objectivos:

- Aprofundar o conhecimento de colegas.
- Procurar semelhanças.
- Promover a troca e discussão de ideias.
- Desenvolver a identidade de grupo.

Na 1ª actividade os alunos tinham como tarefa identificar o seu grupo: indicando o nome de cada um dos elementos; o nome do grupo; as preferências do grupo e aquilo de que o grupo não gostava. Na 2ª actividade a tarefa era simular “A sobrevivência do grupo na Lua”. Esta actividade foi adaptada da sugerida por Kagan (1992, 1994). Os protocolos utilizados nestas actividades, assim como os resultados obtidos, encontram-se no anexo II (pp. 1023-1026).

Na aula em que os alunos realizaram a primeira actividade, receberam à entrada da sala de aula, um cartão com a indicação do número do grupo a que pertenciam. Em cima de cada mesa encontrava-se um cartão com a indicação do número da mesa. Os alunos evidenciaram expectativa sobre o que se iria passar.

As mesas e tudo o mais que se encontrava na sala estavam dispostos segundo o indicado na planta da sala B3, como consta na figura seguinte.

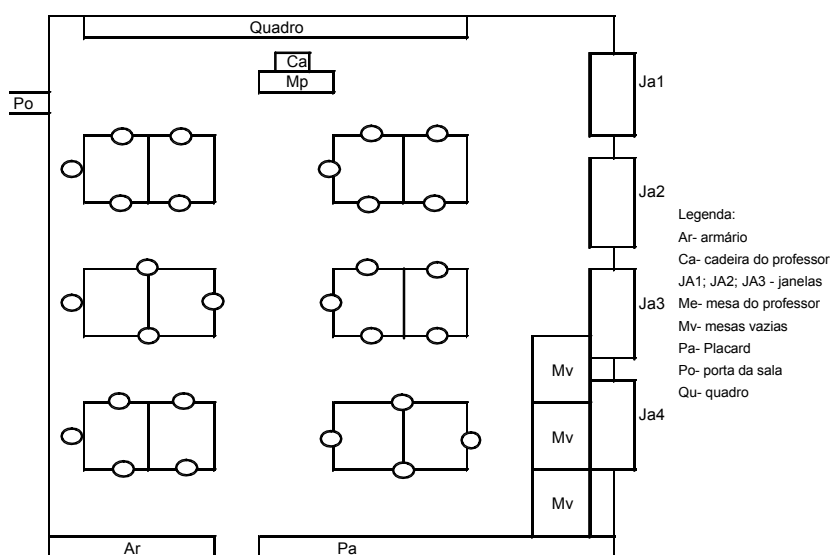


Figura 42 – Planta da sala B3 da turma experimental.

Após os alunos se sentarem, a professora explicou o tipo de trabalho que os grupos iriam desenvolver naquela e nas próximas aulas. Seria uma preparação para as aulas de Ciências Físico-Químicas quando fosse abordado o tema da Acústica.

De seguida, a professora distribuiu aos alunos uma folha cujo conteúdo era composto por um texto “Orientações para o trabalho cooperativo em grupos”, e que se encontra no anexo II (p. 1027). Este foi analisado com os alunos, chamando a professora a atenção para o cumprimento dos princípios aí escritos, assim como os diferentes papéis a assumir no grupo, cuja rotatividade ocorreria, sensivelmente, no fim de cada subtema da Acústica. Alertou para o facto de ser necessário trazer a folha para todas as aulas, no sentido de a consultarem, caso existisse necessidade. Tornou-se, assim, obrigatório que em todas as aulas, existisse uma folha dessas por grupo.

Após a atribuição de papéis aos alunos pela professora, estes iniciaram a actividade que tinha como tarefa identificar o grupo. A folha do registo da actividade encontra-se no anexo II (p. 1028). Nesta aula as observações acerca do funcionamento do grupo foram informais, não tendo sido usada a grelha de observação utilizada posteriormente para avaliar a eficácia do grupo cooperativo nas aulas de Acústica. A professora acompanhou o trabalho dos grupos e orientou-os em caso de necessidade, chamando a atenção para alguma coisa que estivesse a correr menos bem.

Os alunos reagiram muito bem a esta actividade. A aula foi realizada no tempo lectivo correspondente à disciplina de Formação Cívica, mas foi dada pela professora de Ciências Físico-Químicas. As respostas dadas pelos vários grupos encontram-se no quadro seguinte.

Quadro 33 - Respostas dos grupos de trabalho sobre aquilo que gostam e o que não gostam.

| Preferências           | Gosta de ...                                                                           | Não gosta de ...                             |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Nomes dos grupos       |                                                                                        |                                              |
| O Barulho do silêncio  | Doces, jogos e animais                                                                 | Estudar, nem das aulas                       |
| As Mentes químicas     | Andar de bicicleta, ouvir música e estar na Internet                                   | (não respondeu)                              |
| Os Tugas               | Ir ao cinema, ir à Internet, ouvir música, ver televisão, ir ao shopping e jogar ténis | Acordar cedo, nem dos testes                 |
| Os Melhores do turno B | Ovos estrelados e do intervalo das aulas                                               | Das aulas                                    |
| Aliança                | Trabalhar arduamente                                                                   | Brincar durante o trabalho                   |
| Os Puros               | Chocolate e basquetebol                                                                | E.V., nem da disciplina de Língua Portuguesa |

Entre esta actividade e a seguinte, referente “À sobrevivência na Lua”, ocorreu numa aula experimental de Ciências Físico-Químicas a validação, no terreno, da grelha de observação da interacção entre os elementos do grupo (anexo II, p. 944), por parte da investigadora e da observadora externa que, nas aulas de Ciências Físico-Químicas, terá como função registar na referida grelha de observação os comportamentos dos alunos nos diferentes grupos cooperativos. Nesta aula os alunos do turno B encontravam-se distribuídos pelos mesmos grupos de trabalho das aulas de Acústica. Repetiu-se a experiência para o turno A. O facto de os alunos, ao entrarem na sala de aula, já saberem os grupos a que pertenciam, assim como os grupos estarem devidamente identificados nas mesas de trabalho, aumentou o tempo útil da aula.

As aulas realizadas serviram, essencialmente, para os alunos se adaptarem melhor à actividade cooperativa e para a investigadora e a observadora externa detectarem a utilidade da grelha de observação. Saliente-se que a função da investigadora e da observadora externa era exclusivamente observar os grupos a trabalhar, e nunca chamar a atenção dos alunos, pois este papel pertencia ao professor que estava a leccionar.

Após esta aula realizou-se a actividade referida anteriormente “A sobrevivência na Lua”.

Nesta actividade os alunos nos respectivos grupos discutiam e formulavam a resposta do grupo. A professora circulava por entre os grupos para se inteirar do decurso do trabalho e esclarecer dúvidas, no caso de ser necessário. Sempre que alguns alunos de algum dos grupos não estavam a cumprir as regras, a docente actuava e lembrava-lhes que o sucesso do trabalho não dependia de um ou dois elementos, mas sim de uma equipa que fosse coesa e cooperante.

Depois de todos os grupos terem terminado a tarefa, a professora distribuiu aos alunos a solução do problema (anexo II, p. 1029). Em cada grupo foram analisadas as diferenças entre a sua resposta e a solução. Ainda antes de a aula terminar, o aluno que tinha o cargo de “secretário” em cada um dos grupos fez o ponto da situação, relativamente ao funcionamento e rendimento do grupo. Também a docente fez um balanço do modo como ocorreu a actividade.

#### 6.4.2.3 O controlo da interferência do investigador e da observadora externa

A presença do investigador no trabalho de campo e da observadora externa não podiam deixar de ser notadas, pois introduziram neste uma série de novas relações sociais. À medida que o trabalho de campo se foi prolongando as relações entre os observadores e os observados foram-se reorganizando, e também, em certa medida, o próprio tecido social em análise. “A questão não está, pois, em supostamente evitar a interferência, mas em tê-la em consideração, controlá-la e objectivá-la, tanto quanto isso for possível” (Costa, 1999, p. 134).

O investigador, ao inserir-se na sala de aula e nela prolongar a sua presença, construiu ali uma identidade e estabeleceu um conjunto de papéis sociais. Tratou-se, parafraseando Costa (1999) de um processo central do trabalho de campo. Na verdade,

as possibilidades de construir uma identidade social perante os membros dum determinado quadro social, e as características dessa identidade, viabilizam ou inviabilizam a pesquisa, condicionam-na em diversos aspectos. Os papéis sociais que o pesquisador vai estabelecendo delimitam-lhe os terrenos permitidos e os interditos, condicionam-lhe em boa medida a amplitude, as direcções e os contornos de investigação. A identidade e os papéis do investigador originam-se, sedimentam-se e transformam-se num processo de interacção entre observador e observados. (Costa, 1999, p. 144)

Por outro lado, este autor defende que “a pesquisa de terreno é, em boa medida, a arte de obter respostas sem fazer perguntas” (idem, p. 138). Para ele, as respostas obtêm-se no decorrer de conversas informais e da observação directa e contínua do investigador.

A conversa informal e a participação informal nas mais diversas situações constituem “as técnicas nucleares da pesquisa de terreno” (idem, p. 137).

A informalidade que pressupõe um processo de ajustamento recíproco, entre o investigador e os sujeitos, implica que “não se venha a juntar uma maior rigidificação dos papéis recíprocos do observador e do observado e uma maior rigidificação das categorias que organizam o processo de interacção verbal” (idem, p. 137).

No decorrer do trabalho de campo foram ocorrendo, por iniciativa do investigador, diversas conversas informais, quer com os alunos das duas turmas envolvidas quer com a

professora que leccionou as aulas, quer com a observadora externa, quer ainda com outros sujeitos da própria escola que foram sendo contactados.

De modo a minimizar o impacto da presença da observadora externa e do investigador e das acções de recolha de informação por eles desenvolvidas, tornou-se necessário que estes se integrassem em sala de aula. Pelo que, neste estudo, tanto o investigador como a observadora externa assistiram a algumas aulas antes do início da unidade da Acústica o que proporcionou uma maior familiarização com os alunos, que começaram a pouco e pouco a vê-los como parte integrante da aula.

Por outro lado, foi tido em conta que o investigador “objectivamente é um forasteiro que precisa de ganhar confiança do grupo ou da comunidade onde se vai integrar” (Carmo e Ferreira, 1998, p. 109) e deve assumir um papel que seja simultaneamente claro para os sujeitos-alvo e de utilidade social reconhecida. Na pesquisa, o investigador foi apresentado aos alunos como estando a desenvolver um trabalho académico na Didáctica da Física no tema da Acústica, pretendendo estudar o efeito de determinadas estratégias na aprendizagem dos alunos para desse modo poder vir a contribuir para um ensino mais eficaz do tema. A observadora externa iria ajudá-lo na recolha da informação proveniente do trabalho de grupo.

Quadro 31 – Instrumentos e momentos de aplicação no trabalho de campo.

| TURMA EXPERIMENTAL                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                        | TURMA DE CONTROLO                    |                                           |                                          |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Instrumentos                         | Identificação dos instrumentos                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Momentos de aplicação                                                                                                                                                                                                                  | Instrumentos                         | Identificação dos instrumentos            | Momentos de aplicação                    |
| ▶ <b>Pré-teste</b>                   | • Pré-teste acerca da temática da Acústica                                                                                                                                                                                                                                                                                              | • Antes da leccionação da Acústica                                                                                                                                                                                                     | ▶ <b>Pré-teste</b>                   | • Pré-teste                               | • Antes da leccionação da Acústica       |
| ▶ <b>Questionários</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário de caracterização da turma</li> <li>• Questionário de avaliação do desempenho individual do trabalho de grupo</li> <li>• Questionário de avaliação do desempenho global do trabalho de grupo</li> <li>• Questionário de avaliação das actividades realizadas nas aulas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes da leccionação da Acústica</li> <li>• Durante e após a leccionação da Acústica</li> <li>• Durante e após a leccionação da Acústica</li> <li>• Após a leccionação da Acústica</li> </ul> | ▶ <b>Questionários</b>               | • Questionário de caracterização da turma | • Antes da leccionação da Acústica       |
| ▶ <b>Grelhas de observação</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grelha de observação da interacção do grupo durante a realização das actividades</li> <li>• Grelha de observação das aulas</li> </ul>                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante a leccionação da Acústica</li> <li>• Durante a leccionação da Acústica</li> </ul>                                                                                                     | ▶ <b>Grelha de observação</b>        | • Grelha de observação das aulas          | • Durante a leccionação da Acústica      |
| ▶ <b>Registo em áudio das aulas</b>  | • Gravação áudio da discussão estabelecida pelos alunos nos grupos                                                                                                                                                                                                                                                                      | • Durante a leccionação da Acústica                                                                                                                                                                                                    |                                      |                                           |                                          |
| ▶ <b>Documentos escritos</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa conceptual</li> <li>• Mapa conceptual progressivo</li> <li>• Vê de Gowin</li> </ul>                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes, e após a leccionação da Acúst.</li> <li>• Durante a leccionação da Acústica</li> <li>• Durante a leccionação da Acústica</li> </ul>                                                    | ▶ <b>Documento escrito</b>           | • Mapa conceptual                         | • Antes e após a leccionação da Acústica |
| ▶ <b>Entrevista semi-estruturada</b> | • Entrevista semi-estruturada à professora                                                                                                                                                                                                                                                                                              | • Antes e após a leccionação da Acústica                                                                                                                                                                                               | ▶ <b>Entrevista semi-estruturada</b> | • Entrevista semi-estruturada à docente   | • Antes e após a leccionação             |
| ▶ <b>Pós-teste</b>                   | • Pós-teste acerca da temática da Acústica                                                                                                                                                                                                                                                                                              | • Após a leccionação da Acústica                                                                                                                                                                                                       | ▶ <b>Pós-teste</b>                   | • Pós-teste sobre o tema Acústica         | • Após a leccionação                     |

## **CAPÍTULO 7**

### **APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS OBTIDOS**

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos com os instrumentos utilizados no trabalho de campo. Esta apresentação encontra-se dividida em oito partes.

Na primeira secção discute-se os resultados obtidos no questionário “auto-avaliação das actividades desenvolvidas” em sala de aula durante a leccionação da Acústica. Na segunda, examina-se os resultados provenientes do questionário “avaliação dos alunos sobre o trabalho de grupo”. Na terceira e quarta secção apresenta-se uma análise descritiva e uma análise quantitativa de dois instrumentos: o pré-teste e o pós-teste. Paralelamente à descrição das ideias obtidas dos alunos da turma experimental e dos da turma de controlo, estabelecemos algumas relações entre as concepções destes alunos sobre a temática da Acústica e as previstas na literatura sobre este assunto.

Em seguida, e na quinta secção, examina-se, globalmente, as alterações a nível de conhecimentos dos subtemas da Acústica nos alunos, como resultado da intervenção a que foram sujeitos. Na sexta secção surge a análise dos dados da observação visual em sala de aula, realizada nas duas turmas envolvidas neste estudo. Na sétima parte, indica-se a interpretação dos dados provenientes da entrevista realizada à professora que leccionou a Acústica.

Finalmente, na oitava secção, procura-se examinar os dados obtidos da utilização dos instrumentos metacognitivos: os mapas conceptuais, construídos pelos alunos da turma experimental e da turma de controlo, antes, durante e após a leccionação da Acústica, bem como os Vês, construídos pelos alunos da turma experimental durante a leccionação da Acústica.



## **7.1 Questionário: auto-avaliação das actividades desenvolvidas nas aulas**

### **Questão 1.1- Actividade cooperativa – execução da actividade**

Esta questão era constituída por 23 afirmações, às quais, os alunos tiveram que responder sobre o desempenho no respectivo grupo de trabalho. Essas proposições apresentavam o seguinte conteúdo:

1. Não passeio pela sala.
2. Utilizo um tom de voz baixo durante a discussão dos assuntos.
3. Escuto atentamente as intervenções dos meus colegas.
4. Chamo a atenção dos meus colegas para que falem baixo.
5. Assumo a minha própria responsabilidade.
6. Sintetizo em voz alta as ideias do texto ou as ideias do grupo.
7. Encorajo a igual participação de todos os elementos do grupo.
8. Respeito as ideias dos outros.
9. Valorizo as ideias dos outros colegas.
10. Peço ajuda quando necessário.
11. Ajudo os colegas com dificuldades.
12. Exprimo opiniões, justificando-as.
13. Ofereço-me para explicar ou aclarar ideias .
14. Critico ideias e não pessoas.
15. Peço justificação das razões por que um elemento do grupo conclui de determinada forma.
16. Procuro criar novas perguntas a partir das respostas dadas.
17. Junto informação à informação prestada por outro.
18. Procuro estratégias para lembrar factos ou ideias importantes.
19. Defendo os meus pontos de vista.
20. Tento abordar uma questão a partir de um outro ponto de vista.
21. Faço perguntas sobre aspectos que me intrigam.
22. Encorajo os outros a explicitarem melhor as suas ideias.
23. Avalio o trabalho de grupo realizado, juntamente com os meus colegas.

Após lerem cada uma destas afirmações, colocariam, a partir das opções que se caracterizam a seguir, um X na coluna que melhor correspondesse à sua opinião:

Nunca (N); Poucas Vezes (PV); Algumas Vezes (AV); Muitas Vezes (MV) e Sempre (S)

Esta pergunta foi respondida pelos alunos em dois momentos específicos na realização do trabalho de campo. O primeiro ocorreu a meio da leccionação da Acústica, o segundo aconteceu no final da leccionação da Acústica.

Nesta secção apresentamos no gráfico 20, uma síntese dos resultados obtidos na questão 1.1 sobre a execução da actividade cooperativa, pertencente ao questionário “Auto-avaliação das actividades desenvolvidas nas aulas” (anexo II, p. 929). Para uma melhor percepção dos dados recolhidos ver anexo III (p. 1031-1055).

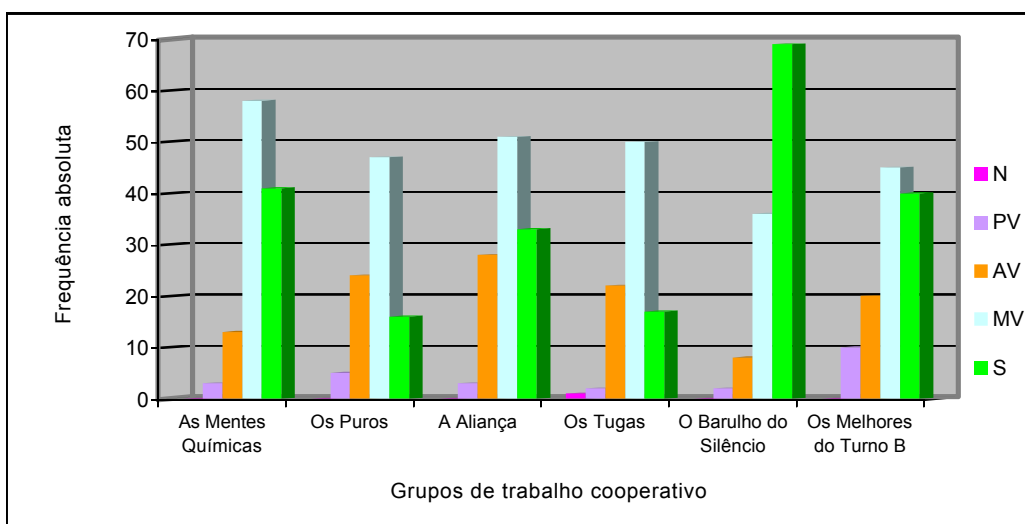


Gráfico 20 - Síntese dos dois momentos de auto-avaliação sobre a actividade cooperativa desenvolvida em sala de aula.

Em termos gerais observamos no gráfico anterior que a maioria dos alunos pertencentes aos vários grupos de trabalho deram respostas nos itens da escala Muitas Vezes e Sempre. Como exemplo de proposições avaliadas pelos alunos no item Sempre, obtivemos as seguintes:

- *Não passeio pela sala.*
- *Assumo a minha própria responsabilidade.*
- *Escuto atentamente as intervenções dos meus colegas.*
- *Respeito as ideias dos outros.*
- *Valorizo as ideias dos outros colegas.*
- *Peço ajuda quando necessário.*
- *Critico ideias e não pessoas.*

### Questão 1.2.1 Trabalho em grupo ou trabalho individual

Os vinte e oito alunos que constituem a turma experimental, quando questionados se tinham aprendido mais trabalhando sozinho do que em grupo, responderam da seguinte maneira:

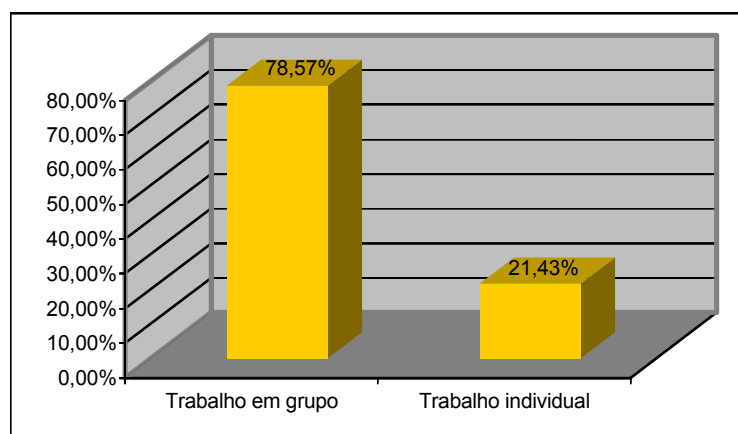


Gráfico 21 – Posição dos alunos acerca do modo de aprendizagem em sala de aula.

A grande maioria dos inquiridos (78,57%) defendem a ideia de que aprendem mais quando trabalham em grupo do que quando trabalham sozinhos. Ao invés, 21,43% dos alunos têm uma opinião contrária.

Sobre as razões apontadas pelos discentes, estes dividiram as suas respostas tal como indicamos no quadro seguinte.

Quadro 34 - Razões atribuídas pelos alunos de que aprendem mais trabalhando em grupo.

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                   | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem           | podemos aprender melhor                  | 3                   | 9,38%               |
|                        |                        | aprendemos outras coisas                 | 5                   | 15,63%              |
|                        | Cooperação             | conciliamos ideias                       | 1                   | 3,13%               |
|                        |                        | sentimo-nos à vontade a tirar as dúvidas | 2                   | 6,25%               |
|                        |                        | mais fácil compreendermos                | 2                   | 6,25%               |
|                        |                        | partilhamos opiniões                     | 4                   | 12,50%              |
|                        |                        | os outros elementos ajudam-nos           | 3                   | 9,38%               |
|                        |                        | existem várias opiniões                  | 11                  | 34,38%              |
|                        | Relações interpessoais | convivemos                               | 1                   | 3,13%               |

Pela análise dos dados observa-se que o motivo principal atribuído pelos alunos é devido à cooperação existente entre os elementos do grupo, 71,88%. Esta cooperação reflecte-se na aprendizagem de cada um, 25,00%, e, nas relações interpessoais estabelecidas no grupo, 3,13%. As subcategorias expressas no quadro 34 encontram-se representadas no gráfico indicado no anexo III (p. 1056).

Os estudantes que tomaram a posição que trabalhando sozinhos apresentam um maior índice de sucesso, justificaram-na segundo o expresso no quadro 35.

Quadro 35 - Razões dos alunos pelas quais aprendem mais trabalhando sozinhos.

| Categoria              | Subcategorias | Unidade de significado               | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Autonomia     | mais autonomia                       | 1                   | 9,09%               |
|                        | Comportamento | alunos estavam à conversa            | 2                   | 18,18%              |
|                        |               | apenas eu e a .... trabalhávamos     | 1                   | 9,09%               |
|                        | Compreensão   | compreendemos melhor                 | 1                   | 9,09%               |
|                        | Concentração  | a capacidade de concentração é maior | 2                   | 18,18%              |
|                        |               | o trabalho é feito com mais calma    | 1                   | 9,09%               |
|                        |               | dou-me melhor sozinho                | 1                   | 9,09%               |
|                        |               | pensamos mais                        | 1                   | 9,09%               |
|                        | Outra         | não responde                         | 1                   | 9,09%               |

Constata-se, pela observação da informação resultante da tabela, que a concentração adquirida pelos alunos quando trabalham individualmente é o factor que mais influenciou a sua tomada de posição, 45,45%, seguindo-se o comportamento na sala de aula, 27,27% e, por último, a autonomia na realização das tarefas e a compreensão dos assuntos estudados, ambas com 9%.

Averiguamos, ainda, que os alunos afirmaram que o facto de estes estarem em grupo permite que conversem, distraíndo-se, afectando deste modo, a respectiva capacidade de concentração na realização das tarefas propostas pela professora.

As subcategorias indicadas no quadro 35 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1056).

### Questão 1.2.2 Pensar em conjunto com os outros colegas de grupo

Nesta questão convidava-se os alunos a reflectirem acerca da ideia do que seria pensar em conjunto com os outros colegas de grupo. As respostas dadas foram indicadas no quadro seguinte.

Quadro 36 - Vantagens de pensar em conjunto com os colegas de grupo.

| Categoria              | Subcategorias  | Unidade de significado           | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem   | Aprender mais coisas             | 1                   | 1,85%               |
|                        | Cooperação     | Partilhar várias ideias          | 1                   | 1,85%               |
|                        |                | Trabalharmos para ter boas notas | 1                   | 1,85%               |
|                        |                | Elaborar ideias                  | 2                   | 3,70%               |
|                        |                | Ouvir as ideias                  | 2                   | 3,70%               |
|                        |                | Respeitar as ideias              | 2                   | 3,70%               |
|                        |                | Ajudarem-se uns aos outros       | 3                   | 5,56%               |
|                        |                | Existir mais ideias              | 4                   | 7,41%               |
|                        |                | Cada um exprimir as suas ideias  | 5                   | 9,26%               |
|                        |                | Chegar a um consenso             | 6                   | 11,11%              |
|                        |                | Discutir as ideias               | 9                   | 16,67%              |
|                        |                | Juntar as ideias                 | 11                  | 20,37%              |
|                        | Juízo de valor | É fixe                           | 1                   | 1,85%               |
|                        |                | Melhor que pensar sózinho        | 1                   | 1,85%               |
|                        |                | É uma grande ajuda               | 1                   | 1,85%               |
|                        |                | É bom                            | 3                   | 5,56%               |
|                        | Outra          | Não responde                     | 1                   | 1,85%               |

Analisando os dados constatamos que a subcategoria que mais se destaca das respostas dos alunos é a cooperação que resulta da possibilidade de se pensar em conjunto. Dentro dessa subcategoria as maiores vantagens em pensar em conjunto com os colegas de grupo, será, sobretudo, o “juntar as ideias”, “discuti-las”, o “chegar a um consenso”, mas também, a possibilidade “de cada um poder exprimir as suas ideias”.

Por outro lado, nas respostas dadas pelos alunos foram proferidas uma série de afirmações que categorizámos por juízo de valor, entre as quais destacamos o ser “bom” pensar em conjunto com os outros colegas de grupo.

As subcategorias indicadas no quadro 36 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1057).

### Questões 1.2.3, 1.2.5, 1.2.7 e 1.2.8 – Trabalho em grupo cooperativo

Pretende-se com as questões 1.2.3 e 1.2.5 indagar como os alunos percepcionaram o trabalho cooperativo. Assim, no ponto 1.2.3 procurou-se analisar se os alunos teriam gostado de trabalhar com os colegas do grupo e na questão 1.2.5 se tinham gostado de participar nesta experiência de trabalho em grupo.

Com as respostas dos alunos a estas duas questões construi-se o gráfico 22.

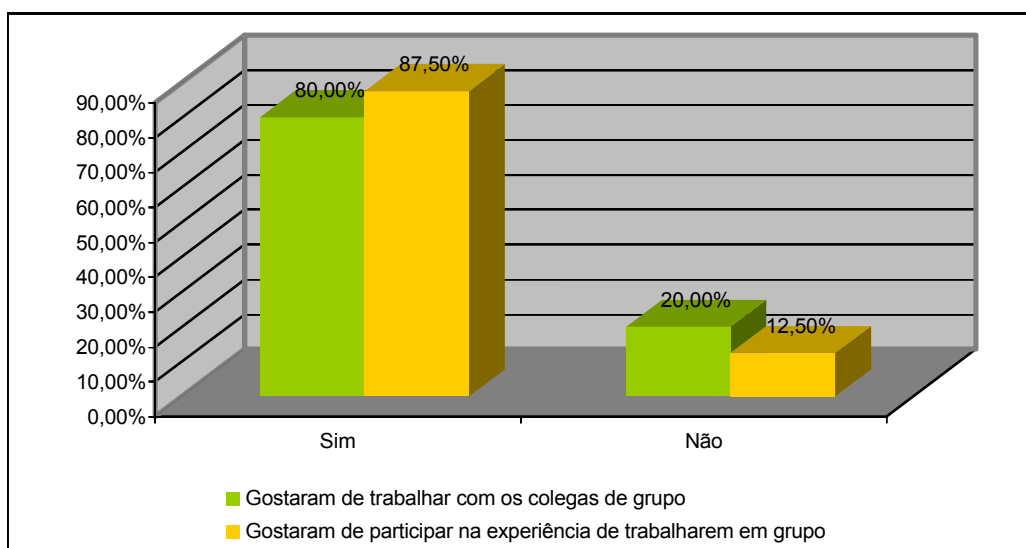


Gráfico 22 – Posição dos alunos sobre o trabalho em grupo cooperativo.

Da análise aos resultados obtidos, constatou-se duma forma clara, o posicionamento dos alunos quanto ao gosto em participarem na experiência de trabalho em grupo, 87,50%, bem como em terem trabalhado com os colegas do grupo, 80,00%.

A pequena diferença obtida entre as duas percentagens referidas anteriormente, poderá ser explicada, se atendermos ao facto de que, nem todos os alunos que responderam afirmativamente quando se pronunciaram sobre se tinham gostado da experiência, terem, simultaneamente, gostado de trabalhar com os colegas de grupo. Esta ideia pode ser verificada nas respostas dadas pelos estudantes à questão 1.2.8 relacionada com os aspectos negativos de funcionamento de grupo e, que a seguir apresentamos no quadro 37.

Quadro 37 - Motivos pelos quais os alunos não gostaram de participar na experiência/motivos pelos quais os estudantes não gostaram de trabalhar com os colegas de grupo/aspectos negativos do funcionamento do grupo.

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Comportamento          | A brincadeira                         | 4                   | 8,16%               |
|                        |                        | Existia muito barulho                 | 2                   | 4,08%               |
|                        |                        | Não deixavam prestar atenção          | 2                   | 4,08%               |
|                        |                        | Conversavam                           | 7                   | 14,29%              |
|                        |                        | Não colaboravam nas tarefas           | 12                  | 24,49%              |
|                        |                        | Eram sempre os mesmos a esforçarem-se | 3                   | 6,12%               |
|                        | Relações interpessoais | O convívio                            | 1                   | 2,04%               |
|                        |                        | Os elementos não se deram bem         | 5                   | 10,20%              |
|                        | Outra                  | Nenhum aspecto                        | 7                   | 14,29%              |
|                        |                        | Não responde                          | 2                   | 4,08%               |
|                        |                        | Foram muitas aulas com o mesmo tema   | 2                   | 4,08%               |
|                        |                        | Duração do grupo                      | 1                   | 2,04%               |
|                        |                        | Trabalho individual                   | 1                   | 2,04%               |

A maioria das razões apontadas pelos alunos sobre a posição negativa de não terem gostado trabalhar em grupo, fixam-se no comportamento dos colegas de grupo, 63,83%, sobretudo, face ao facto de alguns dos seus colegas “não colaborarem nas tarefas”, 24,49%. Daí que, as relações interpessoais entre eles tenham sido afectadas, 12,24%.

Além disso, quer a “duração do grupo” (2,04%), quer a “duração do tema” (4,08%) poderão, de algum modo, ter contribuído para esta posição negativa por parte dos alunos.

As subcategorias relatadas no quadro 37 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1057).

Para além, de os alunos terem referido aspectos negativos associados ao funcionamento do grupo, mencionaram também e com maior evidência, os aspectos positivos do funcionamento do grupo, nomeadamente, quando eles responderam à pergunta 1.2.7 do questionário. Com as respostas dos alunos construiu-se o quadro 38.

Quadro 38 - Motivos pelos quais os alunos gostaram de participar na experiência/motivos pelos quais os estudantes gostaram de trabalhar com os colegas de grupo/aspectos positivos do funcionamento do grupo.

| Categoria              | Subcategorias            | Unidade de significado                                     | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem             | Aprendi novas coisas                                       | 8                   | 6,50%               |
|                        |                          | Acabei por aprender mais do que esperava                   | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Aprendi a respeitar outras ideias                          | 1                   | 0,81%               |
|                        | Conhecimento             | Têm boas ideias                                            | 5                   | 4,07%               |
|                        |                          | Uma forma de adquirir conhecimentos                        | 6                   | 4,88%               |
|                        | Características pessoais | Eram pessoas competentes                                   | 5                   | 4,07%               |
|                        |                          | Eram pessoas agradáveis                                    | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Eram pessoas divertidas                                    | 10                  | 8,13%               |
|                        |                          | Eram porreiros                                             | 3                   | 2,44%               |
|                        |                          | Eram perspicazes                                           | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          |                                                            |                     |                     |
|                        |                          | Eram inteligentes                                          | 2                   | 1,63%               |
|                        |                          | Bons comunicadores                                         | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Eram trabalhadores                                         | 5                   | 4,07%               |
|                        |                          | Bons colegas                                               | 2                   | 1,63%               |
|                        | Cooperação               | Partilhámos ideias                                         | 10                  | 8,13%               |
|                        |                          | A nossas dúvidas são as mesmas dos nossos colegas do grupo | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Predominou a entre-ajuda                                   | 5                   | 4,07%               |
|                        | Cumprimento de tarefas   | Conseguimos concretizar todas as tarefas a tempo           | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Fizemos as repostas bem elaboradas                         | 3                   | 2,44%               |
|                        |                          | Fomos rápidos na elaboração das fichas                     | 3                   | 2,44%               |
|                        |                          | Conseguimos trabalhar em grupo                             | 5                   | 4,07%               |
|                        |                          | Fizemos todos os trabalhos                                 | 1                   | 0,81%               |
|                        | Inovação                 | Existiram bastantes experiências                           | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Foi um trabalho diferente do habitual                      | 6                   | 4,88%               |
|                        | Juízo de valor           | Foi enriquecedor                                           | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Com eles é fácil trabalhar                                 | 2                   | 1,63%               |
|                        |                          | Gosto do trabalho em grupo                                 | 6                   | 4,88%               |
|                        |                          | Concentrei-me mais                                         | 1                   | 0,81%               |
|                        | Lúdico                   | Conversámos mais sobre os assuntos                         | 1                   | 0,81%               |
|                        |                          | Experiência engraçada                                      | 3                   | 2,44%               |
|                        | Relações interpessoais   | Entendemo-nos bem                                          | 4                   | 3,25%               |
|                        |                          | Mais convívio com os colegas                               | 4                   | 3,25%               |
|                        |                          | Conhecemos melhor os colegas                               | 5                   | 4,07%               |
|                        | Outra                    | Não justifica                                              | 8                   | 6,50%               |
|                        |                          | A professora foi porreira                                  | 1                   | 0,81%               |

Os principais motivos apontados pelos alunos, sobre o facto de terem gostado de participar na experiência a que foram sujeitos, prendem-se, sobretudo, com o tipo de características pessoais dos colegas do grupo, 24,39%, as quais, facilitaram a cooperação entre os elementos do grupo, 13,01%, particularmente, as relações interpessoais que se



desenvolveram entre os elementos do grupo, 10,57%, influenciando o cumprimento das tarefas a realizarem em sala de aula, 10,57%. As subcategorias relatadas no quadro 38 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1058).

Como características pessoais dos colegas de grupo os alunos evidenciaram, entre outras, o facto de serem pessoas “divertidas”, 8,13%, “competentes”, 4,07%, “trabalhadores”, 4,07%, “porreiras”, 2,44% e “inteligentes”, 1,63%. A nível da cooperação existente no grupo, os estudantes destacaram, essencialmente, a “partilha das ideias”, 8,13% e a “entre-ajuda”, 4,07%, existente entre eles. As relações interpessoais desenvolvidas entre eles resultaram, particularmente, num melhor “conhecimento entre os colegas”, 4,07%, proveniente de um “bom entendimento” e, ainda, de um “maior convívio”.

A experiência, pela qual, os alunos passaram acabou por ser resultado de “um trabalho diferente do habitual”, 4,88%, que contribui, por exemplo, para uma “aprendizagem de novas coisas”, 6,59%, entre elas o “respeitar outras ideias”, 0,81%.

#### Questão 1.2.4 Contribuição da temática da Acústica

Os alunos manifestaram-se sobre se a temática da Acústica contribuiu para o trabalho em grupo, os resultados obtidos encontram-se distribuídos no gráfico 23.

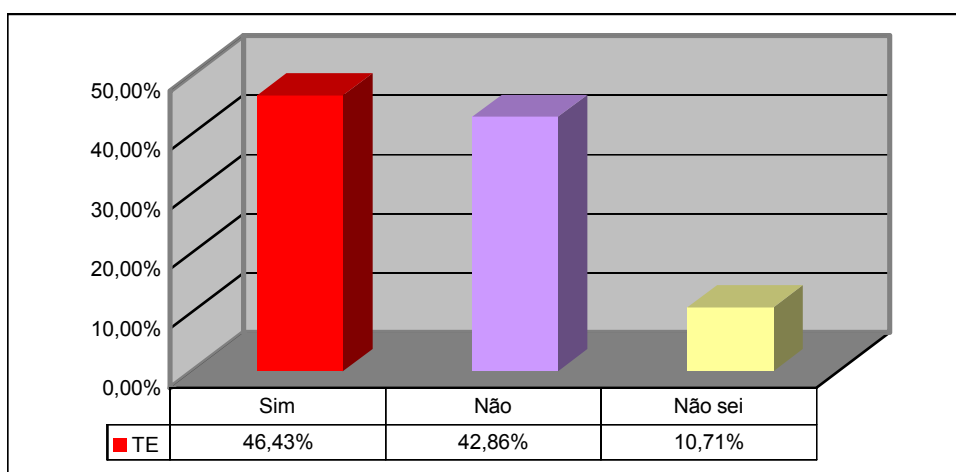


Gráfico 23 – Contribuição da temática da Acústica para o trabalho em grupo.

Os resultados obtidos conduzem a um equilíbrio entre as posições do Sim e do Não. Na realidade, os alunos encontram-se divididos entre a resposta positiva e a negativa. Existe ainda uma percentagem de alunos (10,71%) que não se revêem em nenhuma das posições anteriores, optando por responder “não sei”.

Os alunos que defenderam a posição positiva expressaram-se segundo o mencionado no quadro 39.

Quadro 39 – Posição favorável dos alunos sobre se a temática da Acústica contribuiu para o trabalho em grupo.

| Categoria              | Subcategorias  | Unidade de significado                                                       | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem   | Existe muita coisa para aprender                                             | 3                   | 16,67%              |
|                        |                | Aprende-se a respeitar as ideias dos outros                                  | 2                   | 11,11%              |
|                        |                | Aprende-se a ouvir as ideias dos outros                                      | 2                   | 11,11%              |
|                        | Conhecimento   | Sabíamos pouco acerca deste tema                                             | 2                   | 11,11%              |
|                        |                | Era muita coisa                                                              | 1                   | 5,56%               |
|                        | Juízo de valor | Permite perguntas de discussão                                               | 1                   | 5,56%               |
|                        |                | Tema difícil                                                                 | 1                   | 5,56%               |
|                        |                | Tema fixe                                                                    | 1                   | 5,56%               |
|                        |                | Tema engraçado                                                               | 1                   | 5,56%               |
|                        |                | Tema interessante                                                            | 2                   | 11,11%              |
|                        | Outra          | Não responde                                                                 | 1                   | 5,56%               |
|                        |                | A professora deu a possibilidade de trabalharmos com novos métodos de estudo | 1                   | 5,56%               |

Verificamos, pela observação do quadro que 33,33% dos discentes deram respostas que agrupámos na subcategoria que designámos por juízo de valor, as quais estão relacionadas com as características do próprio tema. Ainda, sobre esta temática 16,67% dos inquiridos afirmaram que ainda têm “muita coisa para aprender”.

As subcategorias relatadas no quadro 39 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1058).

Quanto aos alunos que defenderam a posição negativa sobre se o tema de Acústica contribuiu para o trabalho em grupo, estes pronunciaram-se segundo as subcategorias indicadas no quadro 40.

Quadro 40 – Posição desfavorável dos alunos sobre se a temática da Acústica contribuiu para o trabalho em grupo.

| Categoria              | Subcategorias  | Unidade de significado                                              | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Conhecimento   | se conhecessemos melhor o tema teria sido mais fácil                | 1                   | 6,67%               |
|                        | Comportamento  | os colegas de grupo não melhorariam o comportamento                 | 2                   | 13,33%              |
|                        | Juízo de valor | alguns trabalharam e outros não                                     | 1                   | 6,67%               |
|                        |                | se fossemos nós a escolher o grupo os trabalhos seriam muito piores | 1                   | 6,67%               |
|                        |                | o tema não influencia o funcionamento do grupo                      | 6                   | 40,00%              |
|                        | Motivação      | só se fosse um tema que todos os elementos gostem                   | 2                   | 13,33%              |
|                        |                | o que interessa é a força de vontade                                | 2                   | 13,33%              |

Da análise do quadro, acrescenta-se ainda que 13,33% de alunos especificaram que o tema não alteraria o comportamento dos colegas no grupo. A maioria dos alunos pronunciou juízos de valor relacionados com a não ligação tema/trabalho em grupo, 53,33%. Para 26,67% dos respondentes a motivação é muito importante para a realização do trabalho em grupo. As subcategorias descritas no quadro 40 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1059).

#### Questão 1.2.6 Trabalho em grupo ou trabalho em conjunto com toda a turma

As respostas dos alunos, sobre a preferência do trabalho em grupo ou o trabalho em conjunto com toda a turma, conduziram à construção do seguinte gráfico:

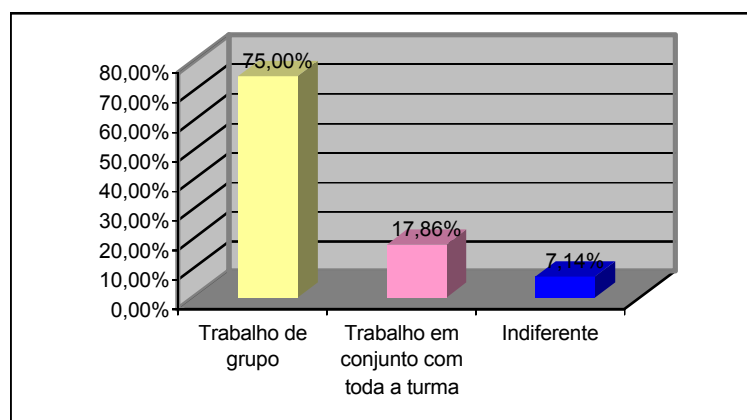


Gráfico 24 – Posição sobre o tipo de trabalho em sala de aula.

Da observação do gráfico anterior constatou-se que 75% dos alunos evidenciaram o trabalho em grupo, como aquele que preferem em sala de aula. Enquanto que, 17,86% dos inquiridos preferem trabalhar com toda a turma em conjunto e apenas 7,14% consideram indiferente qualquer das duas opções mencionadas, anteriormente.

Relativamente aos motivos que levaram os alunos a escolherem o trabalho em grupo, agrupamo-los no quadro 41.

Quadro 41 – Vantagens do trabalho em grupo.

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                        | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Cooperação             | Podemos discutir ideias                       | 1                   | 4,35%               |
|                        |                        | Existem mais ideias                           | 1                   | 4,35%               |
|                        |                        | O grupo é como uma pessoa com a mesma opinião | 1                   | 4,35%               |
|                        | Juízo de valor         | O trabalho é menos monótono                   | 1                   | 4,35%               |
|                        |                        | É menos confuso                               | 7                   | 30,43%              |
|                        |                        | É mais organizado                             | 2                   | 8,70%               |
|                        |                        | É mais eficaz                                 | 2                   | 8,70%               |
|                        |                        | É menos barulhento                            | 3                   | 13,04%              |
|                        | Lúdico                 | É mais divertido                              | 1                   | 4,35%               |
|                        | Outra                  | Não justifica                                 | 2                   | 8,70%               |
|                        | Relações interpessoais | Há mais convívio                              | 1                   | 4,35%               |
|                        |                        | É mais fácil de lidar connosco                | 1                   | 4,35%               |

As razões apresentadas pelos alunos são, sobretudo, juízos de valor. Assim, 30,43% dos alunos consideram o trabalho em grupo “menos confuso”, 13,04% disseram ser “menos barulhento”, 8,70% defendem ser “mais organizado” e “mais eficaz”.

Por outro lado, o trabalho em grupo conduz a uma cooperação, na qual, há a possibilidade de “existirem mais ideias” e de as “poderem discutir”, comportando-se o grupo como um só, quando expressa a sua opinião.

As subcategorias relatadas no quadro 41 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1059).

Em relação ao trabalho em conjunto com toda a turma, as respostas dividiram-se conforme se indica no quadro 42.

Quadro 42 – Vantagens do trabalho em conjunto com toda a turma.

| Categoria              | Subcategorias  | Unidade de significado                    | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|----------------|-------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Cooperação     | todos nos unimos como uma turma que somos | 1                   | 16,67%              |
|                        |                | todos participam nos trabalhos            | 1                   | 16,67%              |
|                        |                | todos têm direito a dar a sua opinião     | 1                   | 16,67%              |
|                        | Juízo de valor | gosto mais disso                          | 1                   | 16,67%              |
|                        |                | fica mais interessante                    | 1                   | 16,67%              |
|                        |                | mais construtivo                          | 1                   | 16,67%              |

Se por um lado, os alunos referem a cooperação que pode existir entre os alunos, funcionando esta como um bloco, onde todos podem participar e expressar a sua opinião. Por outro, consideram esta forma de trabalho mais interessante, mais construtiva e, portanto, mais apelativa.

Os alunos que manifestaram uma posição “indiferente”, justificaram-na dizendo que, quer no trabalho em grupo, quer no trabalho em conjunto com toda a turma “existe muito barulho o que dificulta a aprendizagem”. Acrescentando que, além disso, a opção por um ou por outro tipo de trabalho depende efectivamente da situação em si.

As subcategorias relatadas no quadro 42 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1060).

#### Questão 1.2.9 Trabalhar de novo em grupo

A posição que os alunos assumiram sobre a possibilidade de trabalhar novamente em grupo encontra-se distribuída no gráfico 25.

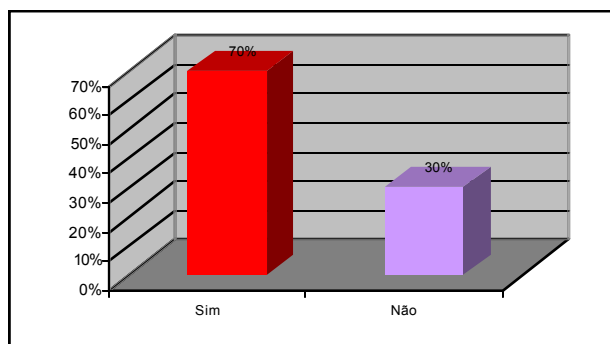


Gráfico 25 – Posição sobre o trabalhar de novo em grupo.

A grande maioria dos alunos gostou da experiência. As razões apontadas por eles estão expressas no quadro seguinte.

Quadro 43 – Vantagens de trabalhar de novo em grupo.

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                         | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem           | é uma forma de aprendermos uns com os outros   | 2                   | 7,14%               |
|                        | Conhecimento           | é uma forma de adquirirmos novos conhecimentos | 1                   | 3,57%               |
|                        | Cooperação             | partilhamos ideias                             | 1                   | 3,57%               |
|                        | Inovador               | é uma aula diferente                           | 1                   | 3,57%               |
|                        | Juízo de valor         | adoro fazer trabalho de grupo                  | 2                   | 7,14%               |
|                        |                        | sentimo-nos mais à vontade                     | 1                   | 3,57%               |
|                        |                        | gostei muito das experiências                  | 1                   | 3,57%               |
|                        |                        | é mais interessante                            | 3                   | 10,71%              |
|                        |                        | mais fácil de trabalhar em grupo               | 1                   | 3,57%               |
|                        |                        | poderia realizar mais actividades              | 1                   | 3,57%               |
|                        | Lúdico                 | é muito divertido                              | 5                   | 17,86%              |
|                        | Novo tema              | desde que não fosse com o mesmo tema           | 1                   | 3,57%               |
|                        | Novos parceiros        | com outro grupo                                | 2                   | 7,14%               |
|                        | Outra                  | não justifica                                  | 5                   | 17,86%              |
|                        | Relações interpessoais | poderia conviver mais                          | 1                   | 3,57%               |

As maiores vantagens de trabalhar de novo em grupo é pelo facto de ser “divertido”, “interessante”, sendo uma “forma diferente de aprender com os outros”. Além disso, é um “modo de adquirir conhecimentos” e “partilhar ideias”. As subcategorias referidas no quadro 43 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1060).

Sobre a posição negativa de trabalhar de novo em grupo os alunos responderam segundo as subcategorias indicadas no quadro 44.

Quadro 44 – Desvantagens de trabalhar de novo em grupo.

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                                   | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Aprendizagem           | compromete a aprendizagem                                | 1                   | 12,50%              |
|                        | Conhecimento           | às vezes não percebemos tão bem a matéria                | 1                   | 12,50%              |
|                        | Juízo de valor         | tenho melhor aproveitamento trabalhando individualmente  | 1                   | 12,50%              |
|                        |                        | prefiro trabalhar sozinho                                | 1                   | 12,50%              |
|                        |                        | a certa altura cansamo-nos um pouco                      | 1                   | 12,50%              |
|                        |                        | é muita coisa para realizar                              | 1                   | 12,50%              |
|                        | Outra                  | não justifica                                            | 1                   | 12,50%              |
|                        | Relações interpessoais | por vezes as pessoas não se inter-relacionaram muito bem | 1                   | 12,50%              |

Segundo os alunos, as desvantagens de trabalhar de novo em grupo prendem-se com um conjunto de ideias, que constituem juízos de valor que estão relacionadas, sobretudo, com o facto de “preferirem trabalhar sozinhos” e o “trabalho em grupo exigir mais trabalho”. Por outro lado, mencionam que o trabalho em grupo “compromete a aprendizagem” pelo facto de, por vezes, não compreenderem tão bem a matéria. Por último, os alunos advogam as relações interpessoais entre os membros do grupo que, às vezes, “não se relacionarem muito bem”. As subcategorias mencionadas no quadro 44 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1061).

### Questão 1.30 Melhorar o trabalho em grupo

Ao solicitar os alunos que completassem a frase Agora sempre que trabalhar em grupo tenho de me esforçar por ... estes posicionaram-se de acordo com o quadro que se segue.

Quadro 45 – No trabalho de grupo tenho de me esforçar por .....

| Categoria              | Subcategorias          | Unidade de significado                                       | Frequência absoluta | Frequência relativa |
|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividade cooperativa | Compreensão            | compreender mais as ideias                                   | 3                   | 6,67%               |
|                        | Cooperação             | encorajar a igual participação dos elementos do grupo        | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | discutir os assuntos                                         | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | incentivar os outros a trabalhar                             | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | que oçam as minhas ideias                                    | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | ouvir os outros                                              | 2                   | 4,44%               |
|                        |                        | cooperar em grupo                                            | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | falar baixo                                                  | 4                   | 8,89%               |
|                        |                        | ajudar os meus colegas                                       | 1                   | 2,22%               |
|                        | Juízo de valor         | fazer melhor do que fiz                                      | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | no final das aulas sintetizar o que foi dado                 | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | trabalho ser bem feito                                       | 5                   | 11,11%              |
|                        |                        | manter a concentração                                        | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | manter o empenho                                             | 4                   | 8,89%               |
|                        |                        | realizar as tarefas propostas                                | 2                   | 4,44%               |
|                        |                        | ter uma boa nota                                             | 4                   | 8,89%               |
|                        |                        | trabalhar em silêncio                                        | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | trabalhar mais                                               | 3                   | 6,67%               |
|                        |                        | não conversar                                                | 3                   | 6,67%               |
|                        |                        | tenho muito que aprender                                     | 1                   | 2,22%               |
|                        | Outra                  | aperfeiçoar tudo o que de mal esteve neste trabalho de grupo | 1                   | 2,22%               |
|                        |                        | não responde                                                 | 2                   | 4,44%               |
|                        | Relações interpessoais | ter um bom relacionamento com os elementos do grupo          | 1                   | 2,22%               |

As respostas dos alunos conduzem-nos essencialmente à subcategoria formulada como sendo juízo de valor. Esta tem a ver com o trabalho propriamente dito 11,11% dos discentes referem-se ao “trabalho ser bem feito”; 8,89% afirmaram a necessidade de “manterem o empenho” para, segundo 8,89% dos respondentes “conseguirem uma boa nota”. Para isso, os alunos mencionaram o facto de terem de “trabalhar mais”, 6,67%, “não conversarem” durante a realização das tarefas assuntos que não tenham a ver com a tarefa solicitada pela professora e “manterem a concentração” na realização das actividades em sala de aula, 2,22%.

As subcategorias descritas no quadro 45 encontram-se representadas graficamente no anexo III (p. 1061).

## Questão 2. Aulas de Acústica

### Questão 2.1.1 Interesse do tema científico

Nesta questão os alunos foram confrontados com o facto de estimarem se os temas abordados na Acústica tinham sido interessantes e motivadores. As respostas que obtivemos encontram-se distribuídas no gráfico 26.

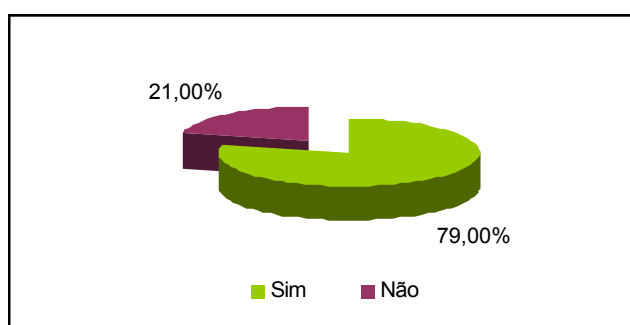


Gráfico 26 - Posição dos alunos acerca do interesse do tema.

Da análise dos dados recolhidos constatamos que a grande maioria dos alunos (79%) consideraram o tema interessante e motivador e apenas 21% não o apreciaram.



As razões apresentadas pelos alunos para se manifestarem do modo que representámos anteriormente encontram-se expressas nos gráficos seguintes:

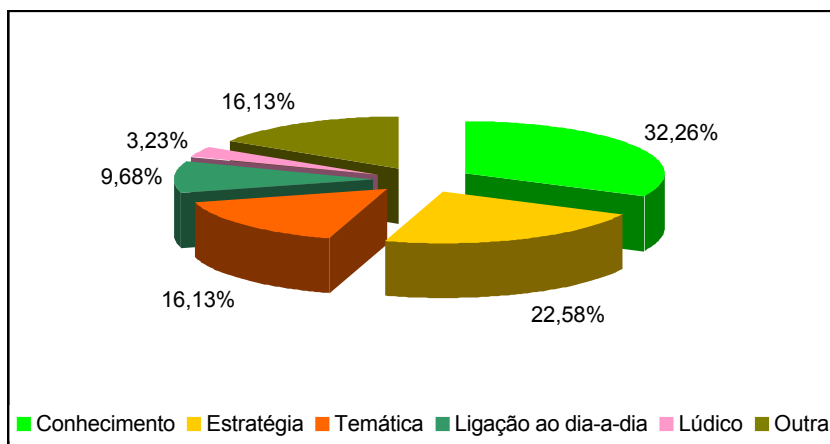


Gráfico 27 – Posição favorável em relação ao tema.

Os temas de Acústica foram interessantes e motivadores porque, segundo 32,36% dos alunos, estes contribuíram para melhorar os conhecimentos de uma temática que, para 16,13% é tida como sendo complicada, vasta, diferente mas que, no entanto, desperta a sua atenção.

Por outro lado a estratégia utilizada em sala de aula, contribuiu, também, para o interesse e a motivação dos alunos para a Acústica, conforme é mencionado por 22,58% de alunos. As suas respostas destacaram as actividades experimentais realizadas, o trabalho de grupo e a pesquisa de informação necessária para responderem às questões solicitadas.

Uma outra ideia apresentada pelos alunos foi o facto do tema abordado ter ligação ao dia-a-dia (9,68%), conforme se depreende das suas palavras: “o som é um tema com que vivemos diariamente”; “aprender coisas sobre uma coisa que está implicada na nossa vida diariamente”; “é um tema no dia-a-dia”.

Em relação à subcategoria outra incluímos os alunos que não justificaram ou que não souberam explicar a sua posição.

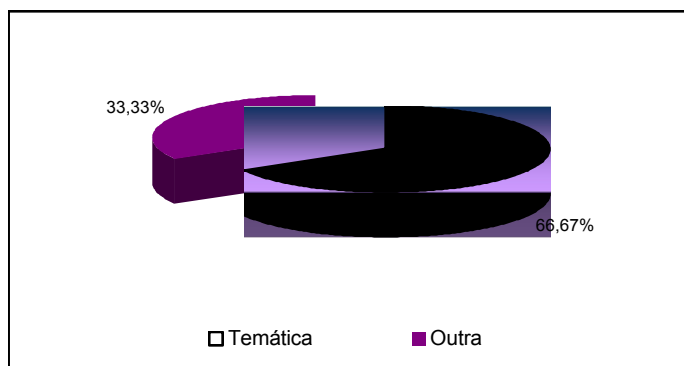


Gráfico 28 - Posição desfavorável em relação ao tema.

Relativamente aos alunos que consideraram o tema da Acústica não interessante, nem motivador, 66,67% dos discentes justificaram a opção afirmando que, por um lado, o “som é complicado” e por outro “alguns temas foram “secantes”.

Os restantes alunos (33,33%) não deram qualquer justificação para a sua posição.

#### Questão 2.1.2 Introdução das novas tecnologias no ensino da Acústica

Em relação à introdução das novas tecnologias no ensino da Acústica os alunos pronunciaram-se segundo três vertentes, que se indicam no gráfico 29.

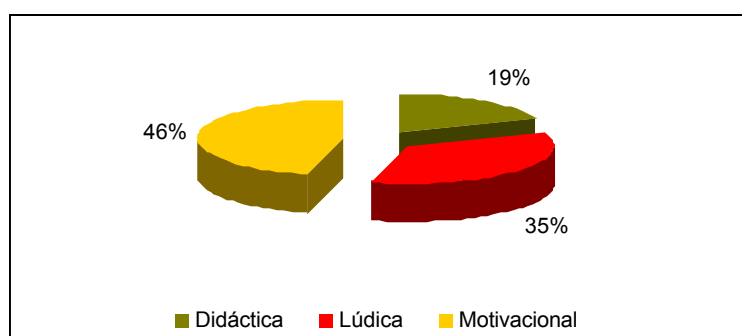


Gráfico 29 - Posição em relação à utilização das novas tecnologias no ensino da Acústica.

A vertente mais referenciada pelos alunos é o seu carácter motivacional, seguido do carácter lúdico. Por fim, com alguma distância dos anteriores é afluído o seu carácter didáctico.

Em relação ao carácter motivacional, 46% dos alunos afirmaram que se trata de uma “forma mais apelativa de aprender”, uma vez que estão “habitutados à tecnologia”, o que acaba por se traduzir em algo “bom”, “criativo”, o que ajuda a “compreender melhor o assunto” abordado.

Quanto ao carácter lúdico 35% dos discentes mencionaram que a utilização das novas tecnologias torna a aula “divertida”, “engraçada”, “fixe”, “gira”, possibilitando “adquirir conhecimentos através de uma forma lúdica”.

Por último, 19% dos alunos explicitam que o uso das novas tecnologias tem um carácter didáctico, uma vez que “é bastante interessante a sua exploração”, “aprende-se a mexer nos programas”, tornando-se uma ferramenta “muito mais educativa”.

Em relação à questão se tinham gostado de utilizar o software na sala de aula a grande maioria dos alunos (89,29%) manifestou-se favoravelmente à mesma, existindo, no entanto, dois alunos que não responderam acerca deste aspecto e um aluno que afirmou não ter gostado pelo facto do software que utilizou não estar em português apesar de ter afirmado que não teve qualquer dúvida em o utilizar.

Quanto à questão se tiveram dificuldades na utilização do software, 89,29% dos alunos aludem que não tiveram constrangimentos no seu manuseamento, enquanto 10,71% optaram por não responder.

### Questão 2.1.3 Utilização de software educativo

Quanto ao facto da possibilidade da professora proporcionar mais aulas onde os alunos pudessem usar software, estes manifestaram-se de acordo com os resultados que o gráfico 30 exemplifica.

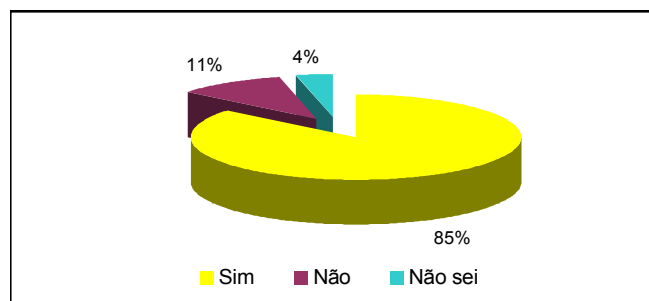


Gráfico 30 - Posição em relação à utilização de software educativo de Acústica.

A grande maioria dos alunos (85%) exteriorizou uma posição favorável. Com uma posição contrária, apenas, encontrámos 11% de alunos que afirmaram não concordar com esta possibilidade. Existiu, ainda um pequeno número de inquiridos (4%) que se mostraram indecisos sobre o assunto.

Os motivos apresentados para justificar a primeira posição são aqueles que se encontram distribuídos no gráfico 31.

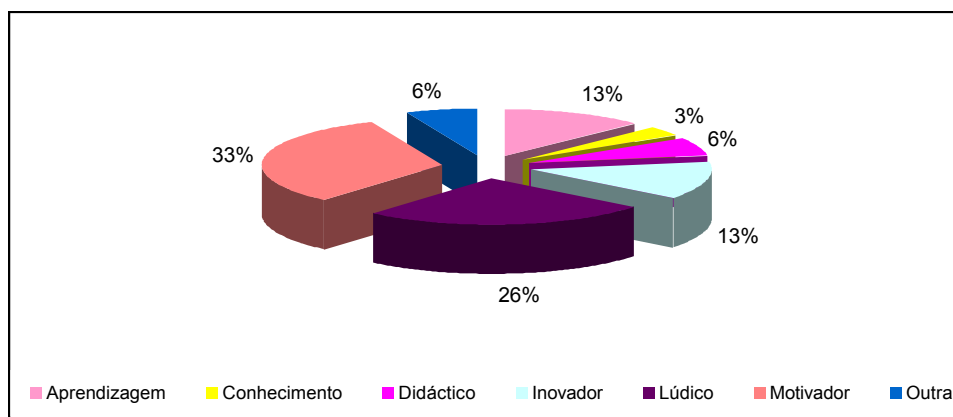


Gráfico 31 – Razões da utilização de software educativo de Acústica.

Os motivos que os alunos apresentam para a utilização do software prendem-se, essencialmente, com a motivação que daí advém devido ao carácter lúdico, inovador na aprendizagem de conhecimentos, através de um processo didáctico diferente daquele que, normalmente, estão habituados.

Concretizando, 33% dos alunos afirmaram que a utilização do software os motiva uma vez que torna as aulas mais interessantes, mais calmas e também mais criativas, uma vez que lhes está inerente o gosto de trabalhar com os computadores.

Por outro lado, 26% dos alunos atribuíram ao software um carácter lúdico, uma vez que as aulas se tornam mais divertidas, engraçadas, giras e fixas. 13% dos alunos consideram que a utilização de software introduz um carácter inovador, uma “vez que são aulas diferentes das que estou habituado”, o que contribui para uma melhor aprendizagem. 13% de discentes, defendem, também, que “aprendo mais facilmente”; “podemos aprender mais”; “aprendemos mais ou menos no nosso “meio de trabalho”, nomeadamente conhecimento “permitem-nos um melhor conhecimento”, para além de ser um meio mais didáctico (6%), mais educativo que nos leva a uma maior habituação ao uso de computadores nas aulas.

Na subcategoria outra incluímos os alunos (6%) que não justificam a sua posição em relação à utilização de software em sala de aula.

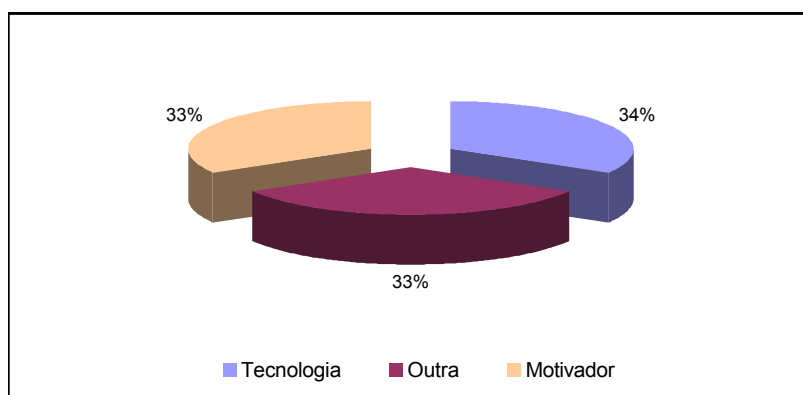


Gráfico 32 - Razões da não utilização de software educativo de Acústica.

Os motivos apresentados pelos alunos para que não houvesse possibilidade de utilizar mais software nas aulas prendem-se com a própria tecnologia. Assim, 34% dos alunos respondem que “é alvo de distração o contacto tecnológico” e 33% dos discentes aludem factores motivacionais, como por exemplo, o facto de “não gosto de computadores”.

A subcategoria outra corresponde à ausência de justificação, por parte do aluno, sobre o facto de não concordar com a utilização de software em mais aulas.

O aluno que na resposta a esta questão, afirmou “não sei” justificou-se declarando que a utilização de software estaria condicionada à matéria abordada na altura.

### Questão 2.1.4 Tipo de actividades experimentais

Relativamente às actividades experimentais realizadas nas aulas, se estas foram úteis, elucidativas, todos os alunos responderam que sim, os motivos estão explícitos no gráfico 33.

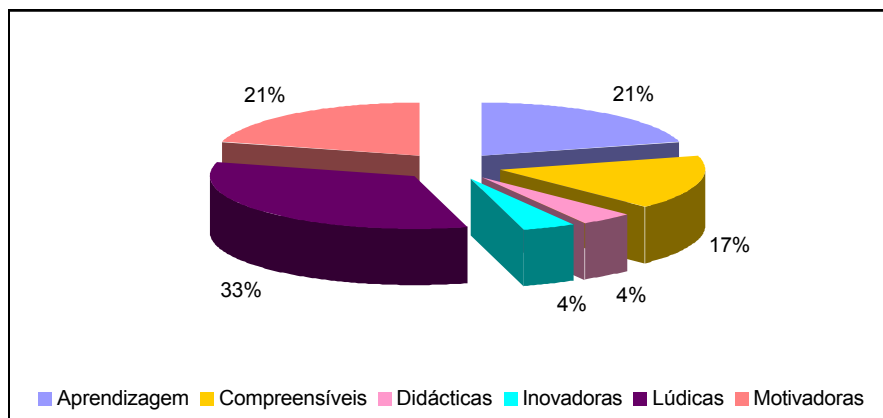


Gráfico 33 – Avaliação das actividades experimentais realizadas nas aulas de Acústica.

As actividades experimentais foram avaliadas pelos alunos, do seguinte modo:

- ▶ 33% defenderam a ideia que foram lúdicas, classificando-as como “bastante engraçadas”, “muito divertidas”, “fixes”, “muito giras”;
- ▶ 21% mencionaram que “foram bastante interessantes” e “enriquecedoras ao nível escolar”;
- ▶ 17% referiram que foram de “fácil compreensão”, “ajudaram a compreender a matéria” e “percebi tudo”;
- ▶ 21% explicitaram a ideia de que contribuíram para a sua aprendizagem.

Sobre a própria aprendizagem os discentes aludem através das suas próprias palavras que:

- “aprendemos a utilizar equipamentos que não conhecemos”;
- “*deu para tirarmos as nossas conclusões*”;
- “*deu para entender mais coisas*”;
- “*aprendemos coisas novas*”;
- “*ficámos a aprender mais sobre as actividades experimentais*”.

Por outro lado devido à metodologia utilizada as actividades experimentais foram descritas como inovadoras (4%). Por exemplo, citando um discente “vimos fenómenos que nunca antes tínhamos visto”. Mas também didácticas (4%), como observa outro aluno quando alude ao facto de que “permitiram um ensino com base na observação”.

#### Questão 2.1.5 Linguagem dos guiões das fichas experimentais

Os alunos manifestaram-se acerca da possibilidade de existirem dificuldades na compreensão da linguagem escrita que estava no guião das fichas experimentais.

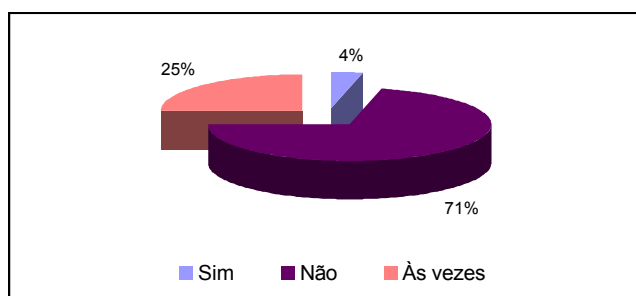


Gráfico 34 – Existência de dificuldades sentidas pelos alunos na compreensão da linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais.

Sobre esta questão a grande maioria dos alunos (71%) respondeu não, enquanto que 25% dos alunos afirmou às vezes e apenas 4% aludiu que sentiram dificuldades em compreender a linguagem escrita que estava no guião das fichas experimentais. Os motivos para cada uma destas posições estão expressos nos gráficos 35 e 36.

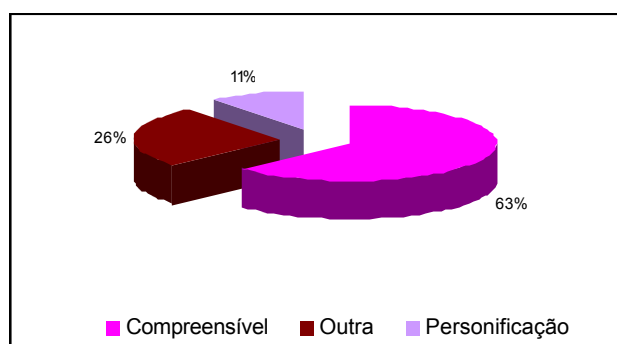


Gráfico 35 – Motivos pelos quais os alunos não tiveram dúvidas em compreender a linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais.

Os motivos apresentados pelos alunos quando afirmaram que não tiveram dúvidas em compreender a linguagem das fichas experimentais foi devido à mesma ter sido: “compreensível”, estar “bastante explícita”, “clara”, estar “numa linguagem corrente” e “adequada ao nosso nível de ensino”.

Por outro lado, também contribui para outros aspectos que têm a ver com o empenho do próprio aluno, conforme se deduz da resposta de alguns alunos (11%), o “ler com atenção” e o esforço feito para “tentar compreender ao máximo” a linguagem dos guiões.

Dos vinte e oito alunos da turma experimental, apenas cinco (26%) não justificaram a sua tomada de posição.

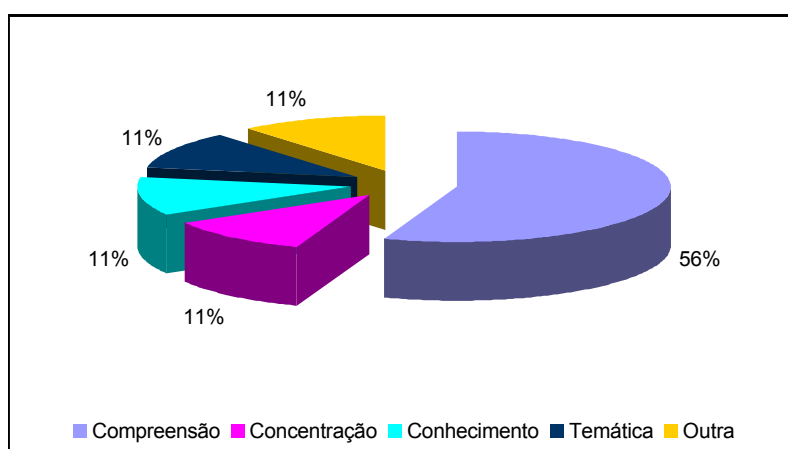


Gráfico 36 – Motivos pelos quais os alunos às vezes sentiram dúvidas em compreender a linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais.

Quanto aos alunos que afirmaram que, às vezes, tinham dificuldades em compreender a linguagem escrita nos guiões das fichas experimentais apresentaram, como motivo principal, a compreensão (56%).

Sobre este aspecto, os alunos explanaram alguns motivos, nomeadamente:

- *“havia linguagem que a primeira leitura não dava para perceber bem o seu contexto”;*
- *“não compreendia o objectivo”;*
- *“não estava bem explícito”;*
- *“não percebia o sentido da pergunta”;*



- *“tinham palavras de Físico-Química que eu não percebi”.*

Por outro lado, 11% dos alunos atribuem as suas dificuldades na compreensão da linguagem a outros factores, como por exemplo, a sua própria concentração, afirmando que “se calhar não lia muito bem as perguntas”. Encontrámos, também, 11% dos discentes que assumem que tal problema se deve ao pouco conhecimento sobre o assunto: “não conhecia certas expressões explícitas nos guiões das fichas”, ou então, ao tema abordado explicitando que “o tema é mais complicado” (outros 11% dos discentes).

Dos alunos respondentes, apenas um aluno (11%) não justificou a sua tomada de posição nesta questão.

Relativamente ao único aluno, que afirmou sentir dificuldade em compreender a linguagem escrita que estava no guião das fichas experimentais, justificou a sua resposta afirmando que a linguagem escrita “era estranha” para ele.

#### Questão 2.1.6 Outras aulas do mesmo tipo das leccionadas em Acústica

Sobre o facto de gostarem de ter mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica os alunos reagiram segundo as três opções que se encontram distribuídas no gráfico 37.

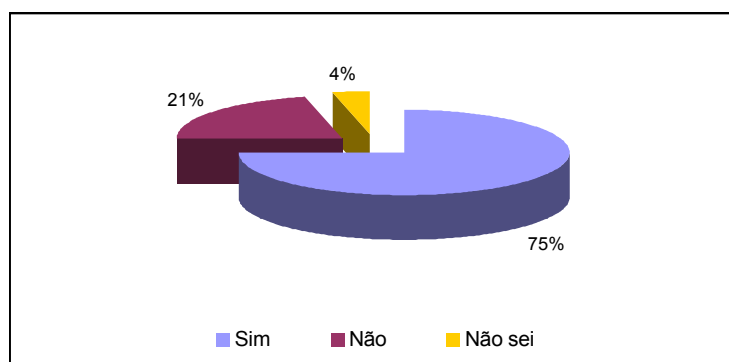


Gráfico 37 – Posição dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica.

Constata-se que a grande maioria dos discentes (75%) afirmou o seu desejo em terem mais aulas do mesmo tipo das que tiveram em Acústica. Pelo contrário, 21% dos alunos

mostraram desinteresse, e apenas 4% (correspondente a um aluno) não conseguiu definir a sua posição.

Quando inquiridos sobre os motivos, os alunos responderam segundo o indicado nos gráficos seguintes.

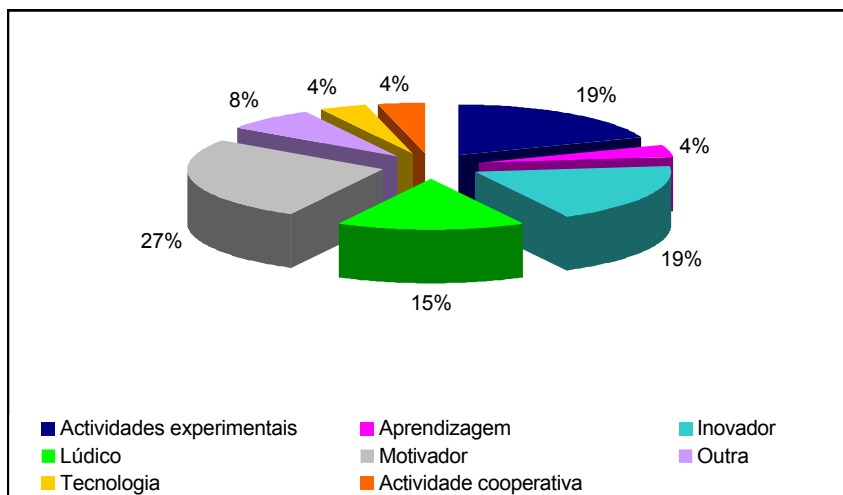


Gráfico 38 – Posição favorável dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica.

Os motivos apresentados pelos alunos tiveram a ver com a motivação proporcionada com as aulas deste tipo que segundo eles, “são aulas mais interessantes”, até pela própria possibilidade de “trabalhar em grupo”.

Além disso, as actividades experimentais (19%), o carácter lúdico (15%), a tecnologia utilizada (4%), a actividade cooperativa (4%), contribuíram, também, para um carácter inovador (19%) em sala de aula e que se reflectiu na aprendizagem dos alunos (4%).

Sobre o carácter inovador, os alunos afirmaram que foi “uma forma de aprender fazendo o trabalho” e, além disso, foi “diferente das outras aulas”.

Quanto à subcategoria outra, corresponde à posição de dois alunos, um que não a justificou, e outro que gostaria de ter mais aulas do mesmo tipo que teve em Acústica mas subordinado a “outro tema”.

Quanto aos motivos apresentados pelos alunos para que não tivessem mais aulas deste tipo, estão distribuídos no gráfico 39.

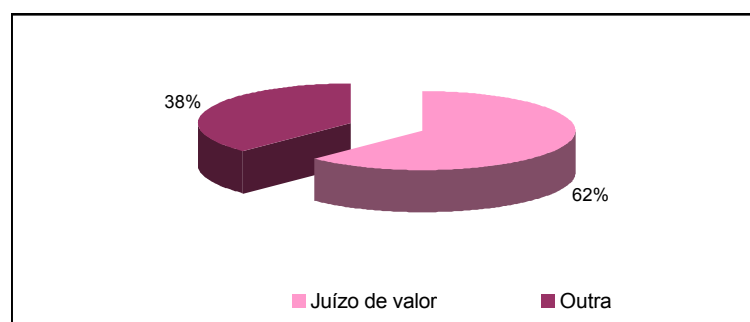


Gráfico 39 – Posição desfavorável dos alunos sobre o facto de terem mais aulas do mesmo tipo que tiveram em Acústica.

A maior parte das respostas dos alunos são dispersas, pelo que, decidimos agrupá-las como juízos de valor (38%). A título meramente exemplificativo, expressamos algumas delas: “são muitas aulas a realizar o mesmo tema”, “foi chato”, “por causa do grupo”, “seriam alvo de distração o excessivo trabalho prático” e “a última foi um bocado secante”.

Dos 21% de alunos que se manifestaram negativamente, apenas três (38%) não justificaram esta posição.

O aluno que afirmou como resposta a esta questão, não sei, não apresentou qualquer justificação para a posição.

### Questão 3. Mapas conceptuais

#### Questão 3.1- Visualização de mapas

Nesta questão era solicitado aos alunos que se pronunciassem sobre o facto de já terem visualizado alguma vez um mapa conceptual.

Os dados recolhidos conduziram à elaboração do gráfico 40.

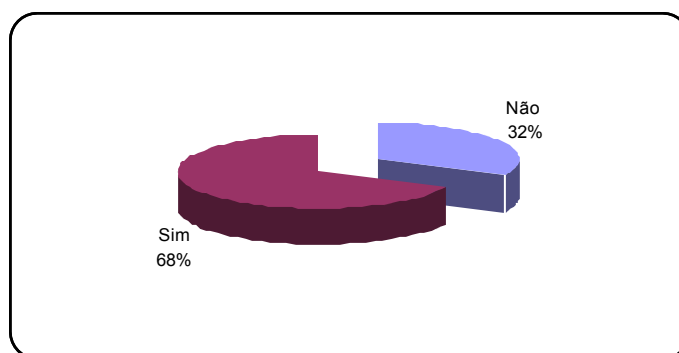


Gráfico 40- Eventual visualização de um mapa conceptual.

Da observação do gráfico constata-se que a maioria dos alunos já tinha visualizado um mapa conceptual (68%).

#### Questão 3.1.1 – Local de observação do mapa conceptual

No caso dos alunos terem já visto um mapa conceptual era solicitado que referissem o local de observação. Para o efeito eram dadas as seguintes opções:

- A- No manual escolar.
- B- Num livro.
- C- Na sala de aula.
- D- Outro local.

As respostas conduziram à elaboração do gráfico 41.

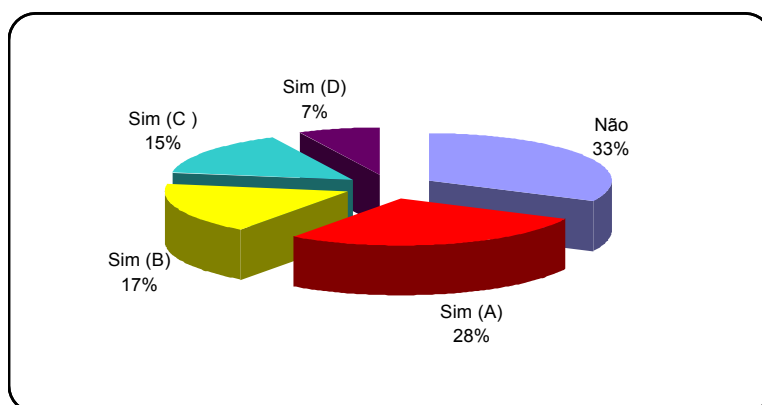


Gráfico 41- Local de visualização de um mapa conceptual

Quanto ao local onde os alunos visualizaram um mapa conceptual, o mais escolhido foi o manual escolar, com 28% de respostas, seguida da sala de aula com 15%, num livro 17% e apenas 7% indicaram um outro local, no caso concreto no “Pavilhão do Conhecimento” e nas “fichas de trabalho dos alunos do meu pai” .

### Questão 3.2- Diferenças entre o mapa conceptual construído antes e após a leccionação da Acústica

Nesta questão os alunos tinham de se manifestar, sobre o facto, de terem ou não notado diferenças entre os mapas que elaboraram antes da leccionação da Acústica e no fim da leccionação desta temática.

Dos dados recolhidos, constatou-se que a maior parte (89%) das respostas foram positivas, enquanto que o valor remanescente (11%) expressou opinião contrária.

#### Questão 3.2.1- Diferenças específicas entre o mapa conceptual construído antes e após a leccionação da Acústica

No caso dos alunos terem referido que existiam diferenças entre os mapas, estes teriam de assinalá-las segundo as opções:

- A- Classificação dos conceitos.
- B- Hierarquização dos conceitos.
- C- Escolha das palavras de ligação.
- D- Ligações entre os conceitos.
- E- Sentido das ligações entre conceitos.
- F- Disposição espacial do mapa.
- G- Colocação de exemplos.

H- Outra. Qual? ....

As respostas dos alunos estão indicadas no gráfico 42.

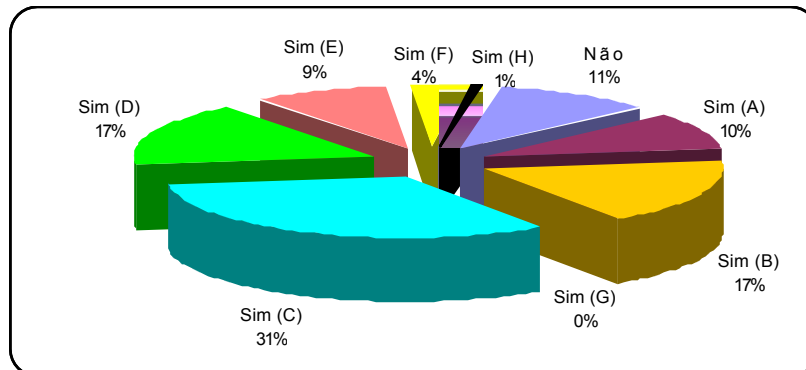


Gráfico 42- Diferenças entre os mapas conceptuais construídos no início e no fim da actividade.

As respostas dos alunos recaem sobretudo na opção C (escolha das palavras de ligação), que obteve 31% das escolhas. As opções B (hierarquização dos conceitos) e D (ligações entre os conceitos) tiveram 17% de preferências. Seguidamente, obtivemos nas opções A (classificação dos conceitos) 10%, E (sentido das ligações entre conceitos) 9%, F (disposição espacial do mapa) 4%, H (outra) 1% e, por último, na opção G (colocação de exemplos) não houve nenhuma resposta.

É de salientar que o aluno que escolheu a opção H, notou diferenças nos conceitos quanto ao “conhecimento do que estes significavam”.

Questão 3.2.2– Motivos que levaram às diferenças observadas entre os mapas conceptuais construídos antes e após a leccionação da Acústica

Para que os alunos se pronunciassem sobre os motivos, pelos quais tinham detectado diferenças entre os mapas construídos foram dadas três opções:

- A- Aprendizagem na sala de aula.
- B- Aprendizagem fora da sala de aula.
- C- Outro. Qual?

As respostas dos alunos estão indicadas no gráfico 43.

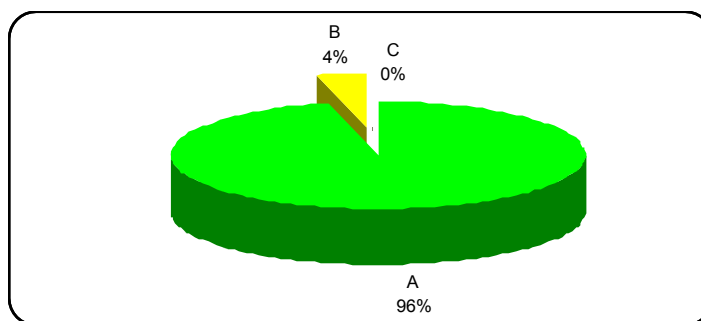


Gráfico 43- Motivos pelos quais os alunos encontraram diferenças na elaboração dos mapas.

A grande maioria dos alunos (96%) respondeu que as diferenças observadas nos dois mapas por eles construídos se deveram à aprendizagem na sala de aula.

Questão 3.3- Diferenças observadas no mapa construído individualmente e o construído em grupo no final da Acústica

Os resultados obtidos na comparação entre os mapas conceituais elaborados no final da Acústica, um individualmente e outro em grupo, estão expressos no gráfico 44.

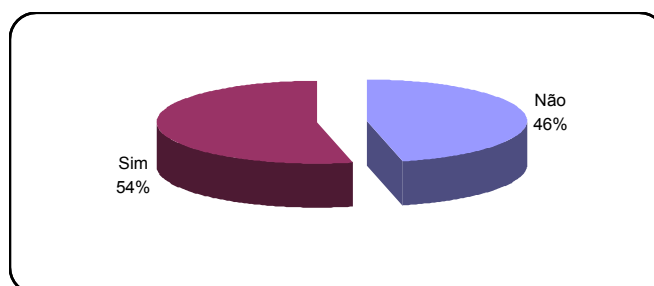


Gráfico 44- Diferenças entre o mapa conceitual construído individualmente e o mapa conceitual construído em grupo.

Do gráfico 44 observa-se que a maioria dos alunos respondeu ter encontrado diferenças nos mapas conceituais. Essas diferenças solicitadas na questão 3.3. encontram-se expressas no quadro 46.

Quadro 46- Respostas dos alunos sobre as diferenças encontradas nos mapas conceptuais.

| Respostas                   | %      |
|-----------------------------|--------|
| Nalgumas partes             | 3,57%  |
| Palavras de ligação         | 7,14%  |
| Classificação de conceitos  | 3,57%  |
| Mais fácil na concretização | 19,64% |
| Sentido mais lógico         | 1,79%  |
| Melhor elaborado            | 7,14%  |
| Não responde                | 10,71% |

A maioria dos alunos respondeu que as mudanças observadas na construção dos mapas conceptuais, deveram-se, fundamentalmente, ao facto de ter sido mais fácil construí-los em grupo, resultando uma melhor elaboração, por exemplo, nas palavras de ligação, na classificação dos conceitos. No final da construção do mapa, no seu todo, este apresentou um “sentido mais lógico”.

#### Questão 3.4- Dificuldades na construção de mapas conceptuais

Os alunos manifestaram a opinião acerca do facto de sentirem ou não dificuldades na construção de um mapa conceptual. As respostas estão expressas no gráfico 45.

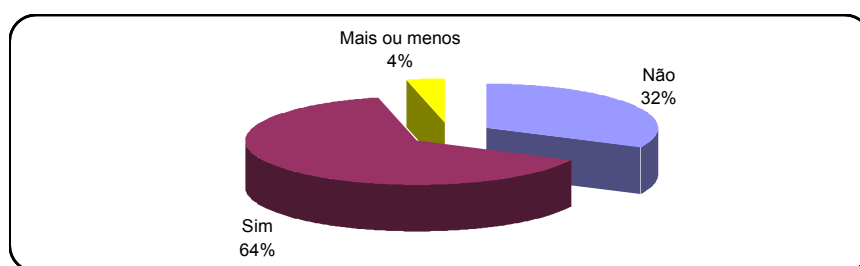


Gráfico 45- Dificuldades na construção de um mapa conceptual.

Da análise do gráfico anterior verifica-se que 64% dos alunos sentiram dificuldades na construção de mapas conceptuais, 32% não tiveram dificuldades e 4% exprimiram-se “mais ou menos”.



No caso dos discentes terem respondido que tinham sentido dificuldades na construção de mapas, era-lhes solicitado que assinalassem as dificuldades que sentiram na elaboração dos mesmos (questão 3.4.1). Para isso, apresentava-se as seguintes opções:

- A- Escolha do conceito mais geral.
- B- Distinção entre conceitos e palavras de ligação.
- C- Escolha das palavras de ligação.
- D- Organização hierárquica dos conceitos.
- E- Ligações entre conceitos.
- F- Distinção entre conceitos e exemplos.
- G- Orientação das setas.
- H- Outra. Qual? .....

As respostas dos alunos estão representadas no gráfico 46.

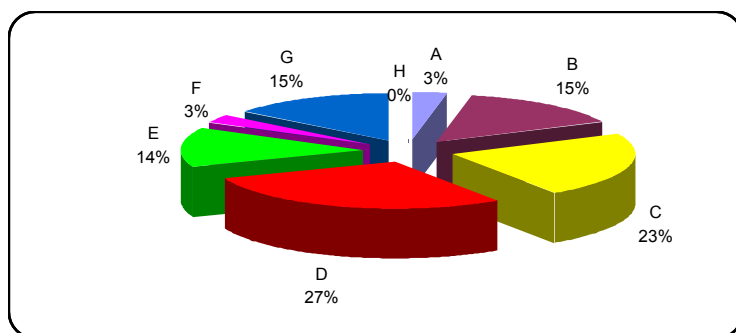


Gráfico 46- Especificação das dificuldades dos alunos na construção dos mapas conceptuais.

Relativamente às dificuldades sentidas pelos alunos na construção dos mapas conceptuais, por ordem decrescente as opções mais escolhidas foram: a D (organização hierárquica dos conceitos) com 27%; a C (escolha das palavras de ligação) com 23%; as G (orientação das setas) e B (distinção entre conceitos e palavras de ligação) com 15%; a E (ligações entre conceitos) com 14% e, por fim as F (distinção entre conceitos e exemplos) e A (escolha do conceito mais geral) com 3%. Saliente-se, ainda que a opção H (outra) não obteve nenhuma resposta.

### Questão 3.5- Vantagens da utilização dos mapas conceptuais

Para que os alunos indicassem as vantagens da utilização dos mapas foi dada a seguinte grelha de opções:

- A- Contribuem para que um aluno aprenda mais facilmente.
- B- Constituem um bom meio que permite representar as relações entre os conceitos através de proposições.
- C- Auxiliam na organização de ideias e informação.
- D- Permitem sintetizar a informação.
- E- Permitem ao aluno construir o seu próprio conhecimento.
- F- Favorecem a discussão relacionada com uma série de conceitos.
- G- Constituem um recurso de auto-aprendizagem ao dispor dos alunos.
- H- São instrumentos que propiciam uma actividade cooperativa.
- I- Expõem os conceitos e as proposições fundamentais numa linguagem explícita e concisa.
- J- Ajudam a interiorizar a ideia de que o conhecimento é construído pelo Homem e evolui com o tempo.
- L- Favorecem a relação professor-aluno na sua elaboração.
- M- Favorecem a relação aluno-aluno na sua elaboração.
- N- Aumentam a auto-confiança dos alunos relativamente às suas capacidades.
- O- Nenhuma.
- P- Outra. Qual?.....

As respostas encontram-se apresentadas no gráfico 47.

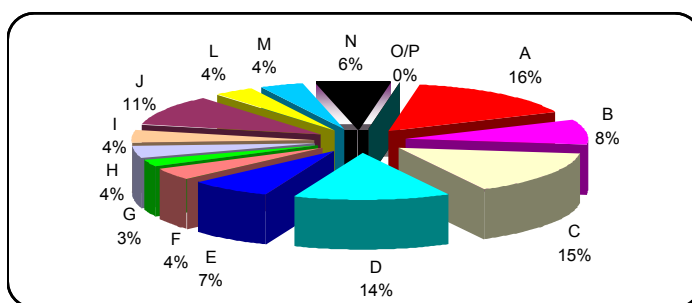


Gráfico 47- Vantagens na utilização dos mapas conceptuais.

Segundo o gráfico anterior constatámos que os alunos apontaram como principais vantagens da utilização dos mapas conceptuais o facto de constituírem um meio de apoio à aprendizagem por auxiliarem na organização da informação e na elaboração de sínteses.

Este ponto de vista encontra-se explícito nas escolhas efectuadas pelos alunos: opção A (contribuem para que um aluno aprenda mais facilmente) com 16%; opção C (auxiliam na organização de ideias e informação) com 15% e a opção D (permitem sintetizar a informação) com 14%. Por outro lado, 11% dos discentes consideram que se tratou de um instrumento que ajuda a interiorizar a ideia de que o conhecimento é construído pelo Homem, e evolui com o tempo (opção J). Além disso, 9% dos alunos pensaram que o mapa é um bom meio de representar as relações entre os conceitos (opção B).

Por outro lado, o mapa é um instrumento que dá possibilidade ao aluno de construir o seu próprio conhecimento (opção E – 7% de respostas) o que permite aumentar a auto-confiança (opção N – 6%).

Curiosamente, nas respostas dadas pelos alunos os aspectos relacionais são os menos referidos. Nelas encontravam-se as opções F (favorecem a discussão relacionada com uma série de conceitos), H (são instrumentos que propiciam uma actividade cooperativa), L (favorecem a relação professor-aluno na sua elaboração) e M (favorecem a relação aluno-aluno na sua elaboração), que em conjunto obtiveram todas elas os mesmos 4%.

### Questão 3.6- Desvantagens na utilização dos mapas conceptuais

Para que os alunos se manifestassem acerca das desvantagens inerentes à utilização dos mapas conceptuais, foram expostas as seguintes opções:

- A- Obrigam a despende muito tempo na sua elaboração.
- B- Exige-se muito tempo a aprender a sua técnica de construção.
- C- Podem-se tornar pouco claros e complexos em alguns casos.
- D- Quando não tiverem significado podem ser memorizados.
- E- Só serem bem construídos quando os conceitos são propostos pelo professor.
- F- Nenhuma.
- G- Outra. Qual? .....

As respostas dos alunos conduziram à construção do gráfico 48.

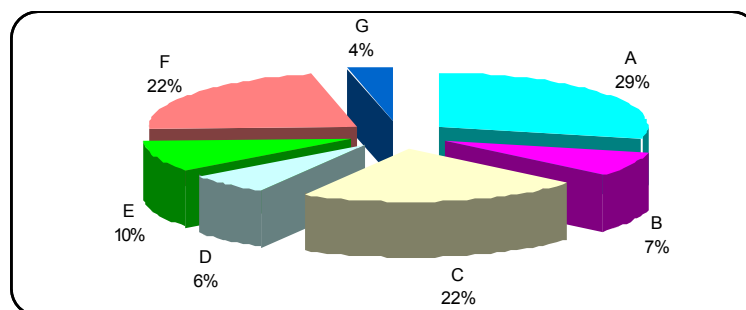


Gráfico 48 - Desvantagens da utilização dos mapas conceptuais.

As desvantagens inerentes à utilização dos mapas foram para estes alunos, fundamentalmente, algo que obriga a despendar muito tempo na sua elaboração (29% de respostas na opção A), depois, porque podem-se tornar pouco claros e complexos em alguns casos, ou então, não existem desvantagens na utilização (opções C e F com 22% de respostas). Na opção G (outra) apenas um aluno (4%) respondeu que se os mapas “estiverem mal elaborados, aprendemos mal”.

### Questão 3.7- Utilização dos mapas conceptuais em diversas disciplinas

Questionados sobre a utilização dos mapas conceptuais em outras disciplinas os alunos manifestaram-se de acordo com o gráfico 49.

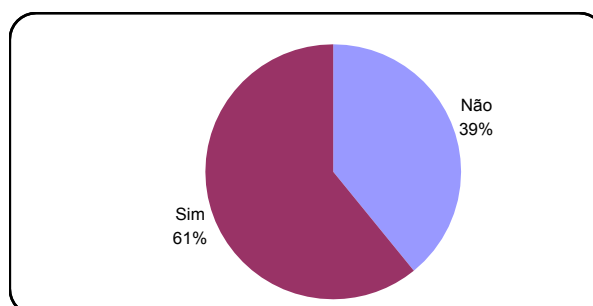


Gráfico 49- A utilização dos mapas conceptuais.

Da análise do gráfico constatou-se que a maioria dos alunos (61%) respondeu que os mapas conceptuais podem ser utilizados noutras disciplinas.

### Questão 3.7.1- Disciplinas onde os mapas conceptuais podem ser aplicados

As disciplinas onde os mapas conceptuais poderiam ser utilizados são as indicadas no quadro 47.

Quadro 47- Disciplinas onde se podem utilizar os mapas conceptuais.

| Disciplinas | %      |
|-------------|--------|
| Ciências    | 10,12% |
| História    | 13,10% |
| Geografia   | 6,55%  |
| Português   | 1,19%  |
| L. Est.     | 1,19%  |
| Várias      | 7,14%  |
| Todas       | 14,29% |
| Quase todas | 7,14%  |

Da análise do quadro anterior verifica-se que 14,29% dos alunos responderam que todas as disciplinas se prestam ao uso dos mapas conceptuais. Contudo, existiram 7,14% de alunos que consideraram a utilização dos mapas em quase todas as disciplinas, indicando para o efeito, as excepções. São elas as disciplinas de Educação Visual, de Educação Física, de Estudo Acompanhado e de Formação Cívica. Além disso, as disciplinas específicas mais evidenciadas nas respostas dos alunos foram as de Letras, nomeadamente a História (13,10%) e as disciplinas de Ciências (Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas), com 10,12%.

### Questões 3.8. e 3.8.1- Utilização dos mapas na avaliação dos alunos

Os alunos manifestaram a sua opinião sobre o facto de os mapas conceptuais poderem ser utilizados na avaliação. No caso afirmativo, foi solicitado que nos indicassem em que tipo de avaliação:

A- Avaliação sumativa (testes).

B- Avaliação formativa (outro tipo de avaliação durante a aprendizagem).

As respostas encontram-se indicadas no gráfico 50.

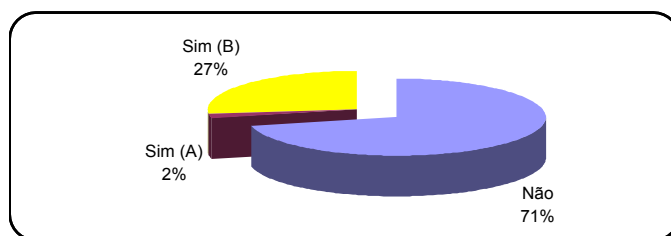


Gráfico 50 - Possibilidade dos mapas conceptuais poderem ser utilizados como instrumento de avaliação.

Da análise deste gráfico constatámos que a grande maioria de alunos (71%) considerou que os mapas conceptuais não devem ser utilizados na avaliação. Com uma posição contrária, encontrámos apenas 29% dos inquiridos. Destes 27% defenderam que este tipo de instrumento pode ser utilizado na avaliação formativa, enquanto que somente 2% considerou a sua aplicabilidade na avaliação sumativa.

### Questão 3.9 Utilização novamente de mapas conceptuais pelos alunos

Acerca da possibilidade de os alunos trabalharem novamente com mapas conceptuais, os inquiridos pronunciaram-se como está indicado no gráfico 51.

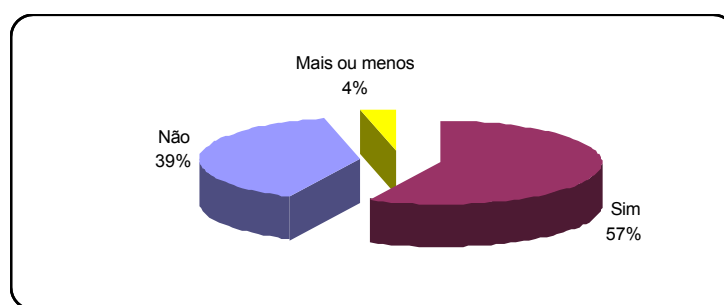


Gráfico 51 - Utilizar novamente os mapas conceptuais.

A maioria dos alunos (57%) considerou a hipótese de trabalhar novamente com mapas conceptuais, enquanto que 39% a rejeitou. Os restantes alunos (4%) mostraram-se indecisos.

#### Questão 4- Vê de Gowin

##### Questão 4.1- Visualização do Vê de Gowin

Questionados acerca da visualização do instrumento metacognitivo Vê de Gowin os alunos manifestaram-se conforme se indica no gráfico 52.

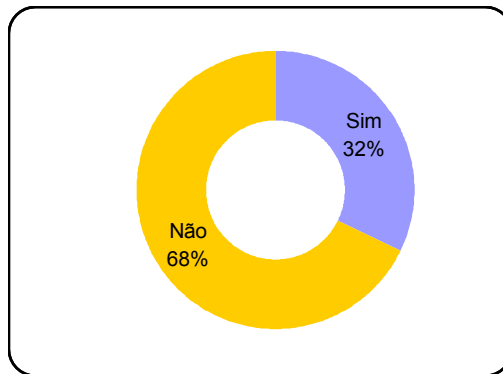


Gráfico 52- Visualização do Vê de Gowin

Da análise do gráfico anterior verificou-se que a grande maioria dos alunos, 68%, não tinha visualizado o Vê e 32% dos alunos já o tinham observado.

##### Questão 4.1.1- Local de visualização do Vê de Gowin

Questionados sobre o local onde tinham observado este instrumento metacognitivo os educandos pronunciaram-se mediante as opções que lhes eram dadas:

- A- No manual escolar.
- B- Num livro.
- C- Na sala de aula.
- D- Noutro local. Qual?.....

As respostas dos discentes conduziram à configuração do gráfico 53.

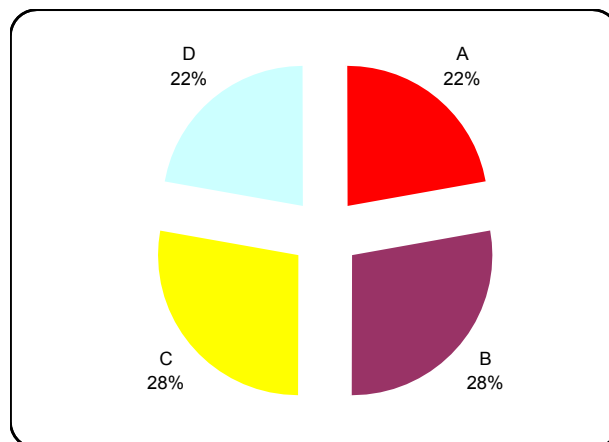


Gráfico 53- Local de visualização do Vê de Gowin.

Dos alunos que afirmaram terem visualizado o Vê de Gowin, 28% mencionaram no local sala de aula/num livro, 22%, num manual escolar/noutro local (“Tv. e outras pessoas a falar”).

#### Questão 4.2- Dificuldades de construção do Vê de Gowin

Em relação às dificuldades de construção do instrumento os alunos pronunciaram-se segundo a grelha descrita nas linhas seguintes:

- A- Na questão-foco.
- B- Na teoria.
- C- Nos princípios e leis.
- D- Na concretização do método usado para responder à questão-foco.
- E- Na transformação dos dados.
- F- Nas conclusões.
- G- Nenhuma.
- H- Outra. Qual? .....

As respostas dos alunos foram distribuídas no gráfico 54.



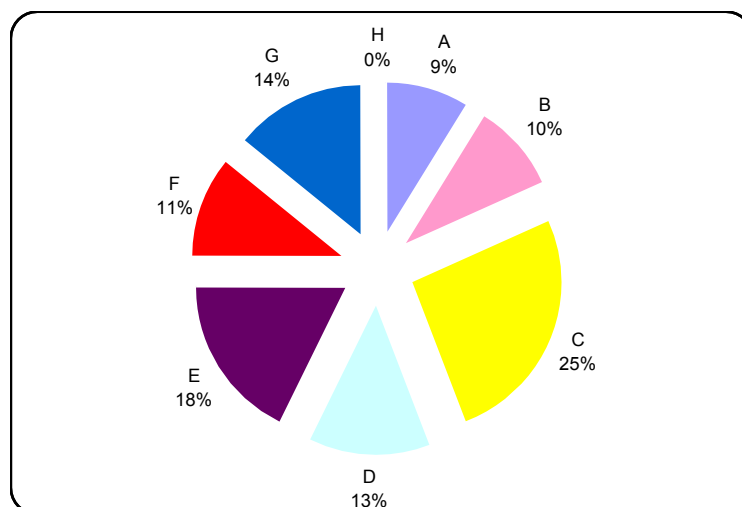


Gráfico 54 - Dificuldades na elaboração do Vê de Gowin.

Da observação do gráfico 54 constata-se que 25% dos discentes afirmaram terem dificuldades de formulação dos princípios e leis inerentes ao tema tratado, 18% na transformação dos dados, 13% na concretização do método utilizado para responder à questão-foco, 11% nas conclusões a reter acerca do tema tratado, 10% na teoria abordada e 9% na formulação da questão-foco.

Contudo, 14% dos respondentes mencionaram não terem tido complicações na elaboração do instrumento.

#### Questão 4.3- Vantagens da utilização do Vê de Gowin

Os discentes pronunciaram-se sobre as vantagens da utilização do Vê de Gowin, utilizando as opções dadas no questionário:

- A- Menos enfadonho do que escrever relatório.
- B- É uma alternativa ao relatório que dá uma imagem mais correcta como o conhecimento se constrói.
- C- Permite compreender melhor o assunto abordado.

*D- Permite que o conhecimento seja construído e adquirido por meio de um processo de pesquisa.*

*E- Obriga a pensar mais acerca do trabalho desenvolvido.*

*F- Pode ser usado como instrumento de verificação de aprendizagem.*

*G- Outra. Qual?.....*

As respostas dos alunos estão distribuídas no gráfico 55.

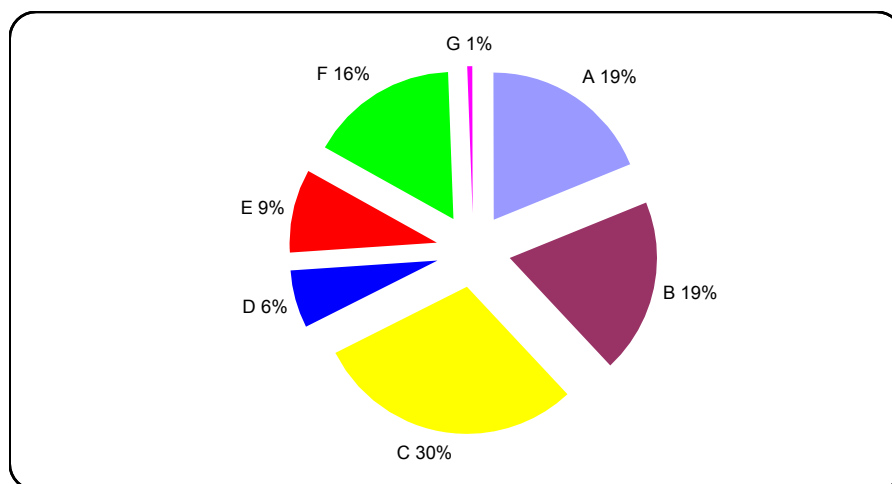


Gráfico 55- Vantagens da utilização do Vê de Gowin.

Quanto às vantagens da utilização deste instrumento 30% das respostas dos alunos incidiram na opção C, referente à ideia dele permitir compreender melhor o assunto abordado. Em seguida, 19% das respostas dos alunos recaíram, igualmente, sobre duas outras ideias, uma o ser menos enfadonho do que escrever relatório e a outra o constituir uma alternativa ao relatório, dando, assim, uma imagem mais correcta como o conhecimento se constrói.

Uma outra ideia que se destaca nas respostas dos alunos é a opção F, 16% das respostas transmitem o pensamento do instrumento ser usado como verificação de aprendizagem.

Por outro lado, 9% das respostas dos alunos focalizaram-se na ideia deste instrumento obrigar a pensar mais acerca do trabalho desenvolvido, o que leva ao conhecimento ser

*construído e adquirido por um processo de pesquisa*, conforme indicam 6% das suas respostas.

O aluno que escolheu a opção G (outra) afirmou que o uso deste instrumento é “mais prático”.

#### Questão 4.4- Desvantagens da utilização do Vê de Gowin

Os alunos foram confrontados para darem a opinião sobre as desvantagens da utilização deste instrumento metacognitivo. Para o efeito era dada a seguinte chave:

- A- Obriga a despendar muito tempo na sua elaboração.
- B- É preciso muito tempo a aprender a sua técnica de construção.
- C- Pode-se tornar pouco claro e confuso.
- D- Nenhuma.
- E- Outra. Qual? .....

No gráfico seguinte encontra-se a distribuição das respostas dos alunos.

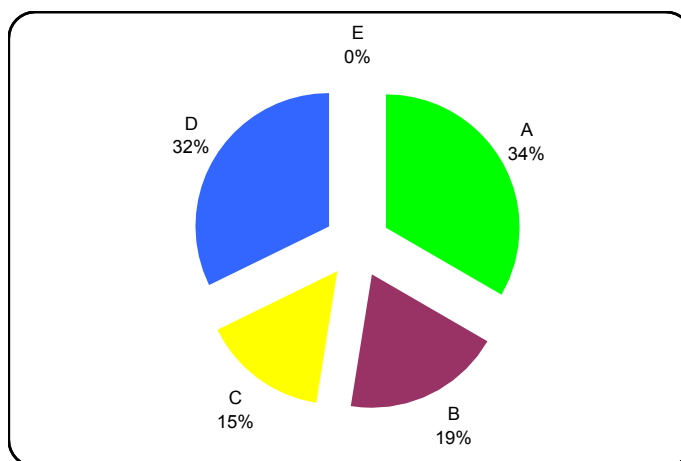


Gráfico 56- Desvantagens da utilização do Vê de Gowin.

Verifica-se que as respostas dos alunos centraram-se sobretudo nas opções A (obriga a despendar muito tempo na sua elaboração) e D (nenhuma), 34% e 32% respectivamente. Os alunos dividiram-se entre a ideia do instrumento obrigar a despendar algum tempo na sua

*construção* e a ideia da sua utilização não ter nenhuma vantagem. Curiosamente apenas 15% das respostas se referiram à opção C, o facto de se tornar pouco claro e confuso. Por outro lado, 19% das respostas conduziram à ideia de ser necessário muito tempo para aprender a técnica de elaboração do instrumento.

#### Questão 4.5- Utilização do Vê de Gowin noutras disciplinas

Os alunos eram questionados sobre se o instrumento poderia ser utilizado noutra disciplina, diferente da Física. As respostas dos discentes encontram-se expressas no gráfico 57.

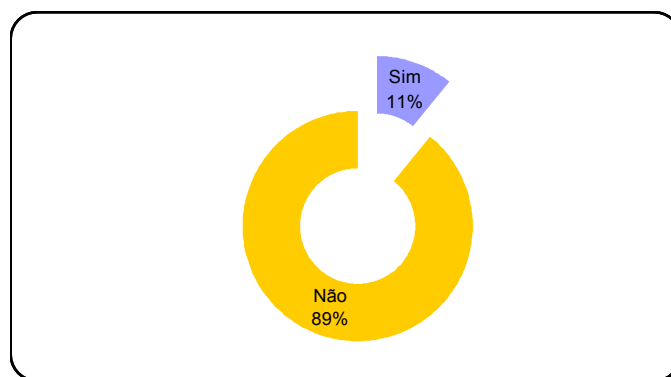


Gráfico 57- Utilização do Vê de Gowin noutra disciplina.

A grande maioria dos alunos não concorda com a utilização do Vê noutra disciplina. Apenas 11% dos discentes responderam afirmativamente. Destes alunos, alguns indicaram a utilização do Vê nas disciplinas “extra-curriculares” e outros em “várias disciplinas”. Contudo, estes últimos alunos não especificarem quais seriam essas disciplinas. Constataram-se, ainda outras respostas que defendiam o uso do instrumento metacognitivo em todas as disciplinas curriculares.

#### Questão 4.6- Utilização do Vê de Gowin na avaliação dos alunos

Nesta questão os estudantes responderam se o Vê de Gowin poderia ser utilizado na avaliação. As respostas estão indicadas no gráfico 58.

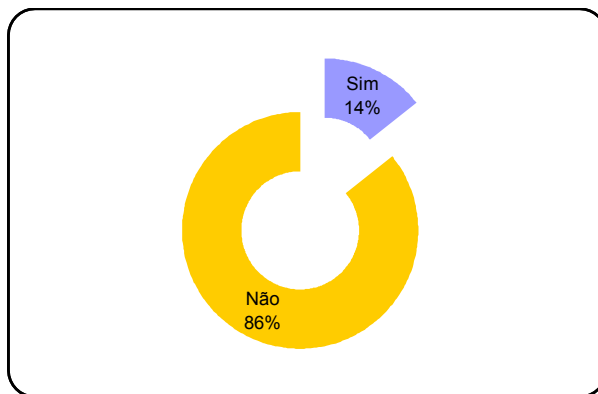


Gráfico 58- Possibilidade do Vê de Gowin ser utilizado na avaliação.

A grande maioria dos discentes 86% manifestou-se negativamente à utilização deste instrumento metacognitivo na avaliação e apenas 14% se posicionaram afirmativamente.

##### Questão 4.6.1- Tipo de avaliação

Os alunos que se pronunciassem favoravelmente à utilização do Vê como instrumento de avaliação teriam que identificar o tipo de avaliação, mediante a seguinte grelha:

A- Avaliação sumativa (testes).

B- Avaliação formativa (outro tipo de avaliação durante a aprendizagem)

Assim, 3,57% dos alunos escolheram a opção A (avaliação sumativa), enquanto 10,71% optaram pela opção B (avaliação formativa).

#### Questão 4.7- Trabalhar de novo com o Vê de Gowin

Os alunos questionados sobre se gostariam de trabalhar novamente com o Vê de Gowin, responderam conforme se indica no gráfico 59.

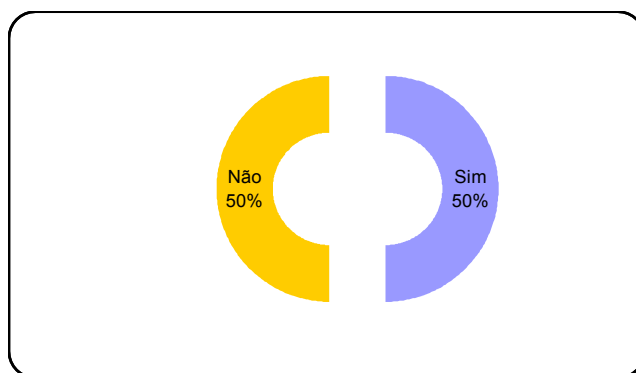


Gráfico 59- Posição acerca da utilização futura do Vê de Gowin.

Da análise do gráfico anterior verifica-se que as respostas dos alunos estão equilibradas entre quem avalia positivamente e quem, pelo contrário ajuíza negativamente, o facto de trabalhar novamente com este instrumento.

## 7.2 Avaliação dos resultados do trabalho em grupo

Na avaliação do trabalho em grupo utilizou-se o questionário indicado no anexo II (p. 938) o qual foi preenchido em grupo. Este instrumento foi aplicado em dois momentos do estudo empírico. O primeiro a meio da leccionação da acústica (1º momento) e o segundo no fim da leccionação da acústica (2º momento).

O objectivo foi o grupo reflectir acerca do modo com a actividade cooperativa estava a decorrer e consequentemente a investigadora fazer, também, um balanço acerca da mesma, corrigindo possíveis erros de implementação.

A escala utilizada neste documento foi:

Nunca (N); Poucas vezes (PV); Algumas vezes (AV); Muitas vezes (AV); Sempre (S).

As afirmações indicadas no questionário foram pensadas em termos da organização do próprio trabalho em sala de aula – números 2 a 4; do papel do professor – números 5 a 10 e da actividade cooperativa propriamente dita – números 1, 11 a 19. Essas proposições encontram-se indicadas a seguir:

1. Todos os elementos do grupo trabalharam igualmente para a realização do trabalho.
2. Existiram condições para a realização do trabalho na sala de aula.
3. O grupo teve tempo suficiente para concluir a tarefa que lhe foi proposta.
4. A linguagem escrita das fichas de trabalho era de fácil compreensão.
5. A professora deu instruções claras como o grupo deveria trabalhar.
6. A professora incentivou os elementos do grupo a cooperarem entre si.
7. Em situações problemáticas o professor sugeriu soluções quando o grupo lhe pediu.
8. A professora esteve atenta aos problemas que surgiram no grupo ou poderiam ter surgido ao grupo.
9. A professora dava indicações aos grupos acerca do desempenho do trabalho realizado.
10. A professora respondeu às dúvidas colocado pelo grupo.
11. Todos os membros do grupo assumiram a liderança quando necessário.
12. Antes de fazerem perguntas ao professor de modo a resolver situações de dúvidas os membros do grupo tentaram esclarecer-se entre eles.
13. Na realização do trabalho soubemos ouvir e respeitar as decisões tomadas pelos restantes elementos do grupo.
14. O grupo cumpriu as regras previamente definidas.
15. Houve boa colaboração entre todos os elementos do grupo.
16. O grupo conseguiu fazer o que tinha sido planeado.
17. Os alunos com maiores dificuldades foram ajudados pelos colegas.
18. Todos os membros do grupo participaram na avaliação do trabalho realizado.
19. Gostaríamos de realizar mais trabalhos integrados na actividade cooperativa.

Nesta secção apresentamos uma síntese dos dados recolhidos em cada grupo. Para uma melhor percepção dos resultados obtidos ver anexo III (pp. 1062-1064).

No gráfico a seguir indicado apresentamos um resumo do conjunto das respostas dadas por cada grupo de trabalho relativamente aos itens da escala Nunca, Por Vezes, Algumas Vezes, Muitas Vezes e Sempre atribuídos às afirmações indicadas anteriormente. Esse resumo foi construído a partir da adição da informação resultante dos dois momentos de avaliação referida anteriormente.

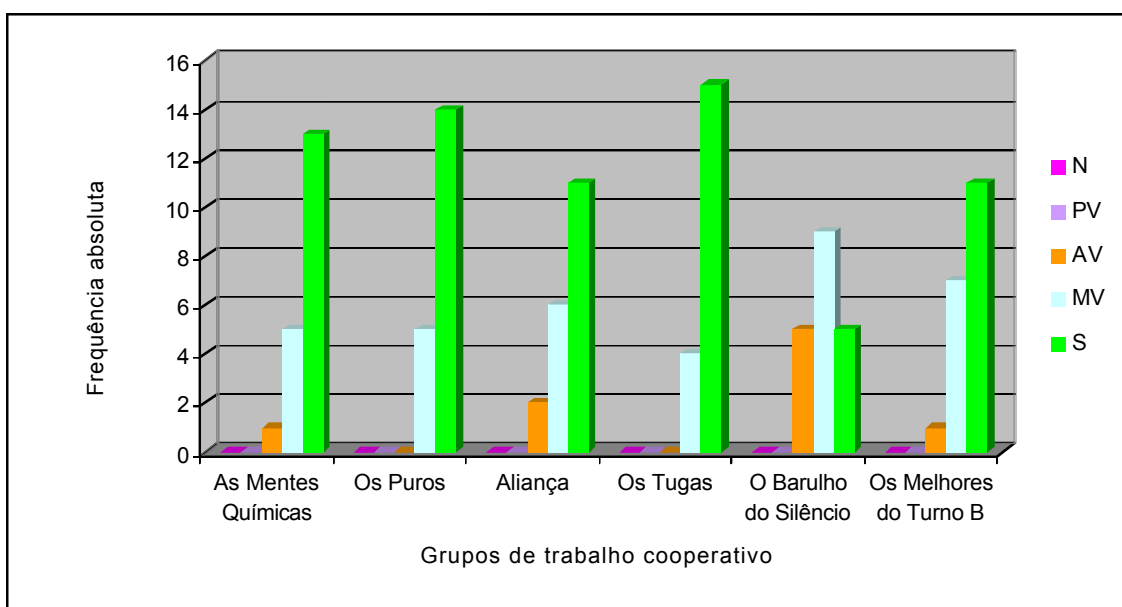


Gráfico 60– Síntese dos dois momentos de avaliação do grupo sobre o respectivo trabalho.

De um modo geral, observa-se no gráfico que os itens da escala mais indicados nas respostas de cada grupo, correspondem a Muitas Vezes e Sempre. O grupo do Barulho do Silêncio foi aquele cujas respostas se dividiram mais pelos itens da escala.

Como exemplos de afirmações onde predominou o item Sempre atribuído por cada grupo foram, sobretudo, as relacionadas com a actuação da professora e ainda, algumas referentes ao funcionamento do próprio grupo:

- *A professora deu instruções claras como o grupo deveria trabalhar.*
- *Em situações problemáticas o professor sugeriu soluções quando o grupo lhe pediu.*
- *A professora esteve atenta aos problemas que surgiram no grupo ou poderiam ter surgido ao grupo.*
- *A professora dava indicações aos grupos acerca do desempenho do trabalho realizado.*
- *A professora respondeu às dúvidas colocadas pelo grupo.*
- *Todos os membros do grupo assumiram a liderança quando necessário.*
- *Na realização do trabalho soubemos ouvir e respeitar as decisões tomadas pelos restantes elementos do grupo.*
- *Houve boa colaboração entre todos os elementos do grupo.*
- *Todos os membros do grupo participaram na avaliação do trabalho realizado.*



### **7.3 Análise dos resultados do pré-teste**

A análise das respostas dadas pelos alunos ao pré-teste teve como objectivo identificar as concepções que eles transportam para a sala de aula acerca de conteúdos relacionados com o tema da Acústica.

A comparação dos resultados obtidos nas turmas A (turma experimental, representada por TE) e C (turma de controlo, representada por TC) permitiu determinar se as duas turmas eram equivalentes.

Cada questão do pré-teste foi analisada tendo em conta os aspectos anteriormente referidos. Procurou-se, ao escrever o texto que acompanha a apresentação dos resultados, realçar os aspectos mais significativos.

A descrição irá ser feita em dois moldes diferentes. Uma terá um carácter qualitativo e outra será de carácter dito quantitativo. Este último diz respeito às notas atribuídas, segundo um modelo de resposta e guia de classificação.

#### **7.3.1 Análise descritiva dos resultados**

A comparação do desempenho entre as duas turmas foi feita após o tratamento item a item das respostas dadas pelos estudantes no pré-teste.

Para os itens não objectivos de composição curta fez-se uma análise de conteúdo, salientando os aspectos que mais se evidenciam, enquanto que para os itens objectivos assinalámos a frequência das respostas dadas numa e noutra turma.

### Questão 1- Conceito de som

Nesta questão foi solicitado aos alunos que descrevessem o que é o som. De modo a ajudá-los nessa descrição foi fornecido o seguinte texto: “o mundo em que nos movemos não é silencioso. Os sons rodeiam-nos por todos os lados”.

Os dados recolhidos da análise desta pergunta, levaram à formulação de subcategorias, as quais são indicadas no gráfico 61.

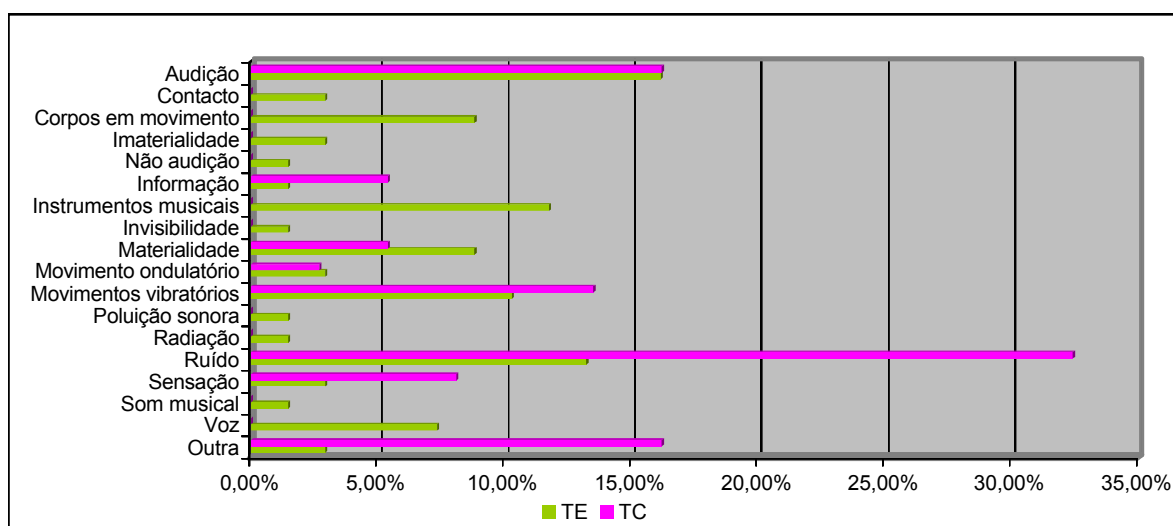


Gráfico 61– Respostas à questão sobre o conceito de som.

Da observação do gráfico 61 infere-se que os alunos não possuem antes do ensino da Acústica, uma teoria geral acerca de como se pode descrever o som. Para os alunos da TE e da TC o som surge associado a uma variedade de subcategorias.

Para os alunos da TE e da TC o som está, essencialmente, relacionado com a audição e com o barulho conforme se constata das percentagens das respectivas respostas: 16,18%; 16,22%; 13,24% e 32,43%.

As subcategorias “movimento ondulatório” e “movimento vibratório”, formuladas para as TE e TC, apresentam um índice de sucesso baixo, principalmente a primeira subcategoria “movimento ondulatório”, 2,94% e 2,70%; 10,29% e 13,51%, respectivamente.

Por outro lado depreende-se do gráfico 61 que se verificou na TE um índice relativamente baixo de sucesso no que concerne às subcategorias: “corpos em movimento” (8,82%), “instrumentos musicais” (11,76%) e “voz” (7,35%), sem se verificar para estas subcategorias qualquer resposta dos alunos da TC.

Também se verifica que existiram duas outras subcategorias a que os alunos das duas turmas reponderam, embora com índices diferentes de sucesso. São elas: a “informação”, 1,47% e 5,41%, a “materialidade”, 8,82% e 5,41% e a “sensação” 2,94% e 8,11%.

Às subcategorias indicadas anteriormente correspondem as unidades de significado e as respectivas frequências mencionadas no quadro 48.

Quadro 48- Respostas à questão sobre o conceito de som.

| Categoria | Subcategorias          | Unidade de significado                                                  | Frequência absoluta |    | Frequência relativa |        |
|-----------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|---------------------|--------|
|           |                        |                                                                         | TE                  | TC | TE                  | TC     |
| Som       | Audição                | Aquilo que ouvimos                                                      | 11                  | 6  | 16,18%              | 16,22% |
|           | Contacto               | Aquilo que as coisas emitem quando entram em contacto com outro objecto | 2                   | 0  | 2,94%               | 0,00%  |
|           | Corpos em movimento    | O carro a andar, o prato a cair, o bater à porta, o andar a pé          | 6                   | 0  | 8,82%               | 0,00%  |
|           | Imaterialidade         | É produzido por algo imaterial                                          | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           |                        | Não se toca                                                             | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Não audição            | Alguns não conseguimos ouvir                                            | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Informação             | Permite compreender o mundo que nos rodeia                              | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           |                        | Permite comunicar uns com os outros                                     | 0                   | 1  | 0,00%               | 2,70%  |
|           |                        | Ajuda a entender o que queremos                                         | 0                   | 1  | 0,00%               | 2,70%  |
|           | Instrumentos musicais  | É aquilo que os instrumentos emitem                                     | 8                   | 0  | 11,76%              | 0,00%  |
|           | Invisibilidade         | Não é visível                                                           | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Materialidade          | É produzido por algo material                                           | 5                   | 0  | 7,35%               | 0,00%  |
|           |                        | É o meio com efeitos sonoros                                            | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           |                        | É qualquer corpo                                                        | 0                   | 2  | 0,00%               | 5,41%  |
|           | Movimento ondulatório  | É transmitido através de ondas sonoras                                  | 1                   | 1  | 1,47%               | 2,70%  |
|           |                        | É provocado por uma vibração, esta expande-se                           | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Movimentos vibratórios | É vibrações                                                             | 7                   | 5  | 10,29%              | 13,51% |
|           | Poluição sonora        | É poluição sonora                                                       | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Radiação               | É radiação                                                              | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Ruído                  | É barulho                                                               | 9                   | 12 | 13,24%              | 32,43% |
|           | Sensação               | É emoções                                                               | 2                   | 3  | 2,94%               | 8,11%  |
|           | Som musical            | É música                                                                | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           | Voz                    | É os pássaros a cantarem                                                | 1                   | 0  | 1,47%               | 0,00%  |
|           |                        | É as pessoas a falarem/a cantarem                                       | 4                   | 0  | 5,88%               | 0,00%  |
|           | Outra                  | Não responde                                                            | 2                   | 5  | 2,94%               | 13,51% |
|           |                        | Tem várias propriedades                                                 | 0                   | 1  | 0,00%               | 2,70%  |

Os resultados obtidos no quadro 48 permitem evidenciar que os alunos possuem antes do ensino da Acústica, uma ideia muito genérica, difusa, dispersa acerca de como se pode descrever o som.

De entre os múltiplos aspectos com que o som é relacionado os alunos da TE e da TC destacaram, no entanto, a “audição”, que traduzem como “aquilo que ouvimos”, que pode provir de “barulho” emitido, por exemplo. Além disso, os alunos da TE estabelecem a associação aos “corpos em movimento”, ao “carro a andar”, ao “prato a cair”, ao “bater à porta” ao “andar a pé”, a ligação aos “instrumentos musicais”, em que o som é “aquilo que os instrumentos emitem” ou mesmo com a “voz” de animais ou de pessoas, traduzida através de afirmações tais como “os pássaros cantam”, “as pessoas falam”, “as pessoas cantam”. Por sua vez os alunos da TC destacam a sensação que o som provoca através do sentir “emoções”, menos referenciada pelos alunos da TE.

Outras opiniões recolhidas dos alunos das duas turmas conduzem à ideia do som ser uma fonte de informação que “permite compreender o mundo que nos rodeia”, “permite comunicar uns com os outros” e “ajuda a entender o que queremos”.

A associação do som a movimento ondulatório surge, nas duas turmas, através da afirmação “o som é transmitido através de ondas sonoras”, ou então esta outra: “o som é provocado por uma vibração, esta expande-se”. Apresenta-se como uma ideia muito ténue para os estudantes das duas turmas, visivelmente observável na frequência relativa das respostas dadas.

Já a associação do som a “vibrações” é uma ideia mais interiorizada pelos discentes das duas turmas.

Na subcategoria “materialidade” incluímos as respostas dos alunos que traduziram a ideia de o som estar associado à matéria, quer na sua produção, quer na sua propagação. Assim alguns alunos da turma experimental escreveram que o som “é produzido por algo material”, “é o meio com efeitos sonoros” e outros da TC escreveram que o som “é qualquer corpo”.

Uma outra conclusão proveniente da análise dos dados é a de que na TE cerca de 3% dos alunos não responderam a esta questão, e na TC essa percentagem é o dobro, 6%.

Para além da análise das respostas dos discentes no sentido de identificar as subcategorias, as unidades de significado e as respectivas frequências, procurámos avaliar as suas respostas segundo níveis de correcção. Assim, analisámos a resposta dada por cada aluno e no conjunto dessa resposta classificámo-la segundo os itens indicados no quadro 49.

Quadro 49 – Avaliação das respostas à questão sobre a descrição do som.

| Resposta                                   | TE(N = 28) |        | TC (N = 27 ) |        |
|--------------------------------------------|------------|--------|--------------|--------|
|                                            | Nº         | %      | Nº           | %      |
| Resposta certa e completa                  | 0          | 0,00%  | 0            | 0,00%  |
| Resposta certa mas incompleta              | 7          | 25,00% | 6            | 22,22% |
| Resposta parcialmente certa/Resposta pobre | 19         | 67,86% | 15           | 55,56% |
| Resposta totalmente errada/Não responde    | 2          | 7,14%  | 6            | 22,22% |

Da análise do quadro 49, verificamos que nas turmas experimental e de controlo, nenhum aluno deu uma resposta certa e completa, classificando-se a maior parte das respostas dentro da categoria certa/pobre, 67,86% e 55,56%, respectivamente.

Por outro lado, um pequeno número de alunos nas duas turmas deu respostas certas mas que estavam incompletas.

Para a resposta ser classificada como certa e completa exigia-se que estivesse totalmente correcta e completa. Nela os alunos teriam de indicar que o som consiste na propagação de vibrações sob a forma de um movimento ondulatório (de uma fonte até um receptor), num dado meio material. Não tivemos nenhuma resposta em qualquer das turmas que se incluísse neste item.

Como resposta certa, mas incompleta, foi considerada toda a que não continha erros mas a que lhe faltavam elementos que a completassem. Como exemplos de respostas incluídas neste item tivemos dois tipos:

- ♦ as que indicavam que o som resulta de vibrações, embora sem qualquer referência à propagação das vibrações;

- ♦ as que consideravam que o som são ondas, sem contudo as associarem a vibrações.

No quadro 50 indicamos algumas das respostas dadas pelos alunos das duas turmas incluídas nesta avaliação.

Quadro 50 – Exemplos de respostas correctas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som.

| Respostas dos alunos                                                                                   | TE | TC |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - "movimentos vibratórios, podemos sentir emoções, permite-nos ouvir, ajuda-nos a viver"               | ✓  |    |
| - "vibrações emitidas por um determinado emissor que são recebidas por quem não é surdo"               | ✓  |    |
| - "vibrações, transmitidas por um instrumento"                                                         | ✓  |    |
| - "qualquer coisa que faça barulho, vibração que através do tímpano do nosso ouvido nós podemos ouvir" | ✓  |    |
| - "vibração que se ouve, vibração mais alta ou mais baixa, mais aguda ou mais baixa"                   | ✓  |    |
| - "provocado por uma vibração, esta expande-se conforme a intensidade do som"                          | ✓  |    |
| - "emitido através de uma vibração"                                                                    | ✓  |    |
| - "o som é transmitido através de ondas sonoras classificadas por décibéis"                            | ✓  |    |
| - "som é qualquer corpo que vibre é uma fonte sonora"                                                  |    | ✓  |
| - "o som é uma onda sonora"                                                                            |    | ✓  |
| - "o som é qualquer corpo que vibra e produz um som e uma fonte sonora"                                |    | ✓  |
| - "o som é produzido por qualquer corpo que vibra"                                                     |    | ✓  |
| - "o som são várias vibrações"                                                                         |    | ✓  |

As respostas remetidas para a categoria parcialmente certa/resposta pobre foram aquelas cujo conteúdo continha elementos errados ou então elementos que, embora correctos, foram considerados pobres do ponto de vista científico. As respostas abrangidas por este tipo foram as englobadas nas seguintes subcategorias referidas no quadro 48 da página 578: "informação", "movimento de partículas", "ruído", "audição", "contacto", "corpos em movimento", "instrumentos musicais", "materialidade", "imaterialidade", "não audição", "radiação", "poluição sonora", "som musical", "sensação" e "voz".

No quadro 51 indicamos algumas das respostas dadas pelos alunos das duas turmas consideradas parcialmente certas/respostas pobres.

Quadro 51 – Exemplos de respostas parcialmente certas/respostas pobres dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre a descrição do som.

| Respostas dos alunos                                                                                                                                          | TE | TC |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - "emite barulho através da coluna de ar existente no interior do instrumento, pode ser percutido, obtido de várias cordas".                                  | ✓  |    |
| - "unidade de intensidade que nos permite compreender o mundo que nos rodeia".                                                                                | ✓  |    |
| - "não visível, pode-se ouvir com os ouvidos".                                                                                                                | ✓  |    |
| - "pode ser música, pode ser um ruído, um carro a andar, um prato a cair".                                                                                    | ✓  |    |
| - "qualquer coisa emitida por um corpo que se consegue ouvir".                                                                                                | ✓  |    |
| - "qualquer coisa que produz barulho, ex. bater à porta, tocar violino".                                                                                      | ✓  |    |
| - "o que ouvimos, ex. os pássaros a cantarem, as pessoas a falarem, um carro em movimento."                                                                   | ✓  |    |
| - "é aquilo produzido por algo material ou não material".                                                                                                     | ✓  |    |
| - "aquilo que as coisas emitem quando entram em contacto com outro objecto, fricção destes com outros objectos"                                               | ✓  |    |
| - "radiação que faz com que nós possamos ouvir timbres diferentes".                                                                                           | ✓  |    |
| - "barulho que vem por exemplo nos instrumentos, no nosso dia-a-dia, nos carros, nos electrodomésticos".                                                      | ✓  |    |
| - "é um ruído que toda a gente faz no dia-a-dia, anda de carro, a falar, andar a pé, etc."                                                                    | ✓  |    |
| - "barulho ou que não se toca e que se ouve por vezes alto e por vezes baixo".                                                                                | ✓  |    |
| - "meio com efeitos sonoros, poluição sonora".                                                                                                                | ✓  |    |
| - "ruído, que se verifica quando cantamos, falamos".                                                                                                          | ✓  |    |
| - "o som é aquilo que os instrumentos, nós, os carros, praticamente tudo emitem".                                                                             | ✓  |    |
| - "o som é um ruído, que ouvimos produzido por nós, por animais, instrumentos. No entanto existem muitos sons que não conseguimos ouvir".                     | ✓  |    |
| - "o som é um ruído que nos segue o dia-a-dia".                                                                                                               |    | ✓  |
| - "o som é que torna o nosso mundo melhor e com mais sentido é com o som que nós podemos divertir-nos comunicar uns com os outros e entender o que queremos." |    | ✓  |
| - "É uma grandeza física, que faz com que oigamos as outras pessoas, tudo aquilo que nos rodeia".                                                             |    | ✓  |
| - "são vários ruídos".                                                                                                                                        |    | ✓  |
| - "o som é o barulho emitido por várias coisas".                                                                                                              |    | ✓  |
| - "o som é algo que nós ouvimos através da audição."                                                                                                          |    | ✓  |
| - "é o barulho que nós e os instrumentos e objectos que nos rodeiam exercem".                                                                                 |    | ✓  |
| - "o som é exercido por vários objectos e até por nós próprios o som é um "barulho" que ouvimos por todo o lado".                                             |    | ✓  |

Finalmente as respostas englobadas na categoria totalmente errada/não responde foram aquelas cujo conteúdo estava totalmente errado ou então em que o aluno não tinha respondido à questão formulada. Um exemplo, das respostas incluídas neste tipo é a seguinte: "o som tem várias propriedades".

## Questão 2.1- Classificação dos instrumentos musicais

Nesta pergunta era solicitado aos alunos que, a partir da figura 43, que mostra alguns instrumentos musicais, com os quais se podem produzir sons, indicassem os instrumentos de cordas, de percussão e de sopro. Para o efeito utilizavam as letras representadas nessa figura.

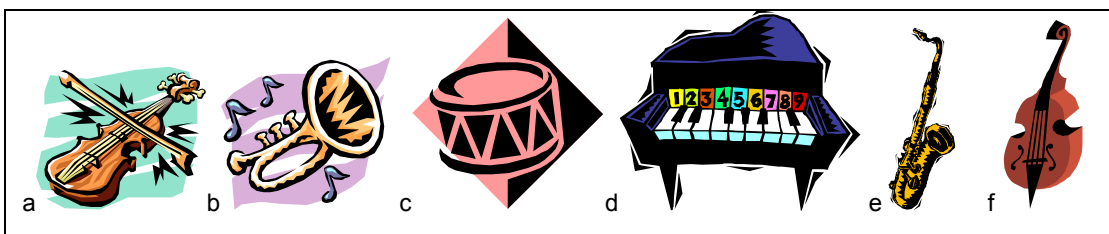


Figura 43 (figura 1 do pré-teste) - Instrumentos musicais.

Na classificação dos instrumentos musicais tivemos em conta, para cada tipo de instrumentos (instrumentos de cordas, de percussão e de sopro), quatro modelos de respostas:

- *Resposta certa e completa* – exigia-se que para cada tipo de instrumento as letras indicadas estivessem totalmente correctas e completas.
- *Resposta certa mas incompleta* – foi considerada toda a que continha letras correctas, mas a que lhe faltavam caracteres que completassem o tipo de instrumento musical.
- *Resposta errada* – foi assim considerada toda a resposta, para cada tipo de instrumento; em que o aluno indicava letras todas erradas ou em que escrevia simultaneamente letras erradas e letras certas.
- *Não responde*.

A classificação de instrumentos musicais pelos alunos das duas turmas está sintetizada no quadro 52.

Quadro 52 - Classificação de instrumentos musicais.

| Respostas                     |                          | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                               |                          | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Resposta certa e completa     | Instrumento de cordas    | 6           | 21,43% | 1           | 3,70%  |
|                               | Instrumento de percussão | 7           | 25,00% | 4           | 14,81% |
|                               | Instrumento de sopro     | 27          | 96,43% | 23          | 85,19% |
| Resposta certa mas incompleta | Instrumento de cordas    | 22          | 78,57% | 24          | 88,89% |
|                               | Instrumento de percussão | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|                               | Instrumento de sopro     | 1           | 3,57%  | 3           | 11,11% |
| Resposta errada               | Instrumento de cordas    | 0           | 0,00%  | 2           | 7,41%  |
|                               | Instrumento de percussão | 21          | 75,00% | 23          | 85,19% |
|                               | Instrumento de sopro     | 0           | 0,00%  | 1           | 3,70%  |
| Não responde                  | Instrumento de sopro     | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|                               | Instrumento de percussão | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|                               | Instrumento de cordas    | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |



Em qualquer uma das turmas, experimental e de controlo, verificou-se que os instrumentos de sopro foram aqueles que a maioria dos alunos identificaram, 96,43% e 85,19%, respectivamente. Os instrumentos que os alunos tiveram mais dificuldade em seleccionar foram os instrumentos de cordas, nomeadamente o piano. A maioria dos alunos mencionou-o como instrumento de percussão.

Os resultados obtidos foram muito semelhantes nas duas turmas.

### Questão 2.2 – Princípio de funcionamento de instrumentos musicais

Nesta questão os alunos teriam de associar o princípio de funcionamento dos instrumentos de sopro, de percussão e de cordas, aos instrumentos musicais apresentados na figura da pergunta anterior. Para o efeito eram dadas três afirmações:

1. O som é obtido a partir da vibração da coluna de ar existente no interior do instrumento.
2. O som obtido provém de algo que é percutido, isto é batido.
3. O som obtido depende de uma ou mais cordas tensas que ao vibrarem emitem sons.

As respostas dos alunos a este item foram dispostas segundo o quadro 53, da página seguinte. Nessa organização mantivemos os princípios definidos na questão anterior para cada um dos tipos de respostas e, além disso, tivemos em atenção a sequencialidade desta questão com a anterior, pretendendo deste modo avaliar com mais eficácia o conhecimento do aluno.

Em qualquer uma das turmas verificou-se que o princípio de funcionamento de um instrumento musical, identificado como sendo totalmente certo, foi o do instrumento de sopro. Os resultados obtidos foram muito semelhantes nas duas turmas.

Quadro 53 - Princípio de funcionamento dos instrumentos musicais.

| Respostas                     |                          | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                               |                          | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Resposta certa e completa     | Instrumento de sopro     | 22          | 78,57% | 20          | 74,07% |
|                               | Instrumento de percussão | 9           | 32,14% | 10          | 37,04% |
|                               | Instrumento de cordas    | 4           | 14,29% | 0           | 0,00%  |
| Resposta certa mas incompleta | Instrumento de sopro     | 0           | 0,00%  | 1           | 3,70%  |
|                               | Instrumento de percussão | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|                               | Instrumento de cordas    | 24          | 85,71% | 25          | 92,59% |
| Resposta errada               | Instrumento de sopro     | 6           | 21,43% | 6           | 22,22% |
|                               | Instrumento de percussão | 19          | 67,86% | 16          | 59,26% |
|                               | Instrumento de cordas    | 0           | 0,00%  | 2           | 7,41%  |
| Não responde                  | Instrumento de sopro     | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|                               | Instrumento de percussão | 0           | 0,00%  | 1           | 3,70%  |
|                               | Instrumento de cordas    | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |

### Questão 3 – Fontes sonoras

Nesta pergunta era apresentado o crucigrama da figura 44, o qual teria de ser preenchido com os nomes das fontes sonoras, cujos sons se indicavam nas situações do dia-a-dia referenciadas de 1 a 6.

#### Linhas horizontais

1. O ruído de um automóvel parado.
2. O toque para a saída das aulas.
3. O «solo» emitido por um tenor de ópera.

#### Linhas verticais

4. Uma música na discoteca.
5. O som que determina o início de um jogo de futebol.
6. O som musical da guitarra.

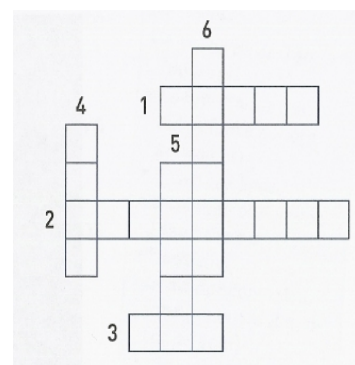


Figura 44 (Figura 2 do pré-teste) - Crucigrama de fontes sonoras

Os resultados obtidos encontram-se no quadro 54.

Quadro 54 – Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras.

| Associação correcta | TE (N = 28) |         | TC (N = 27) |        |
|---------------------|-------------|---------|-------------|--------|
|                     | Nº          | %       | Nº          | %      |
| motor               | 26          | 92,86%  | 21          | 77,78% |
| campainha           | 28          | 100,00% | 26          | 96,30% |
| voz                 | 22          | 78,57%  | 14          | 51,85% |
| rock                | 1           | 3,57%   | 20          | 74,07% |
| apito               | 28          | 100,00% | 25          | 92,59% |
| cordas              | 18          | 64,29%  | 18          | 66,67% |

Nas duas turmas as fontes sonoras que os alunos tiveram menos dificuldade em identificar foram a campainha, o motor e o apito. No primeiro caso, na TE todos os alunos a identificaram e na TC apenas um aluno não a conseguiu reconhecer. No segundo caso, na TE, 92,96% dos alunos chegaram à resposta pretendida, enquanto que na TC só 77,78% dos discentes a conseguiram detectar. No terceiro caso, na TE todos os alunos acertaram na resposta e na TC verificou-se que 92,59% dos alunos conseguiram responder correctamente.

A fonte sonora que os alunos da TE tiveram mais dificuldade em identificar foi o “rock”; apenas um aluno desta TE identificou correctamente essa fonte. Contudo, esta mesma fonte foi identificada pela maioria dos alunos da TC, 74,07%.

Para esta questão comparámos o número de alunos que, nas duas turmas, estabeleceram correctamente uma, duas, três, quatro, cinco ou todas as associações e ainda aqueles que não acertaram ou não responderam a nenhuma delas.

Os resultados obtidos, encontram-se registados no quadro 55 e traduzidos percentualmente pelo gráfico 62.

Quadro 55 – Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras.

| Alunos com associações | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Todas correctas        | 3           | 10,71% | 14          | 51,85% |
| 5 correctas            | 15          | 53,57% | 5           | 18,52% |
| 4 correctas            | 8           | 28,57% | 7           | 25,93% |
| 3 correctas            | 1           | 3,57%  | 0           | 0,00%  |
| 2 correctas            | 1           | 3,57%  | 1           | 3,70%  |
| 1 correcta             | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
| Nenhuma/Não responde   | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |

Os resultados obtidos revelam que na TE 53,57% dos alunos conseguiram identificar correctamente cinco associações das fontes sonoras, enquanto que na TC 51,58% dos alunos conseguiram acertar na totalidade no nome das fontes sonoras.

Por outro lado, nas duas turmas o número de alunos com 4 associações correctas foi semelhante, assim como as restantes, conforme se pode observar no gráfico 62.

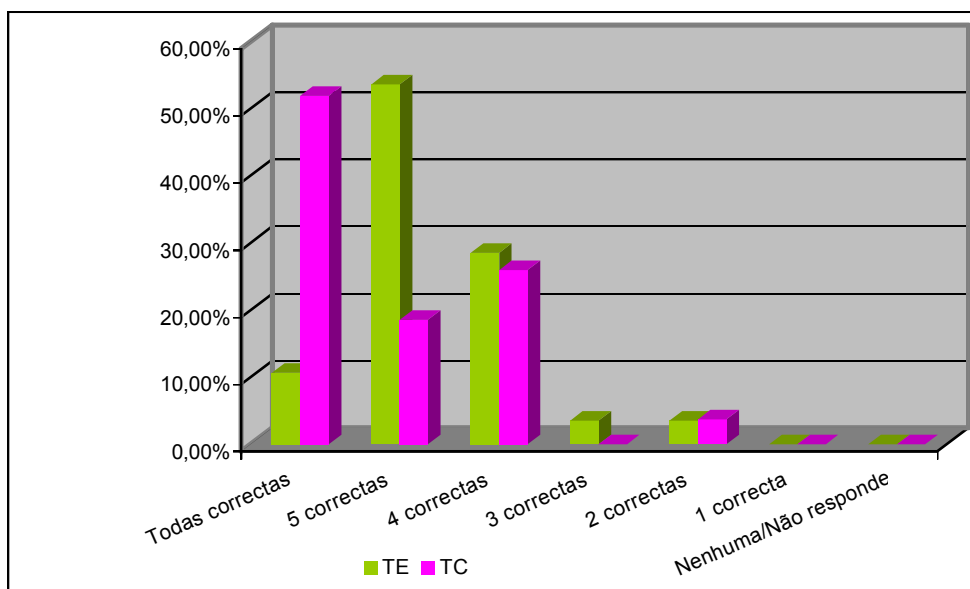


Gráfico 62 - Associações correctas (por aluno) de fontes sonoras.

#### Questão 4 – Conceito de onda

Nesta questão era pedido aos alunos que explicassem o que é uma onda. Para o efeito foi apresentado o seguinte texto, que incluía uma figura: “quando se deixa cair uma pedra na água, observa-se ondulações na superfície da água (Fig. 45), em circunferências cada vez mais afastadas do ponto de impacto à medida que o tempo passa”.



Figura 45 (Figura 3 do pré-teste) - Ondas criadas por uma pedra que caiu na água.

Os dados recolhidos da análise desta questão levaram à formulação de subcategorias, as quais são indicadas no gráfico 63.

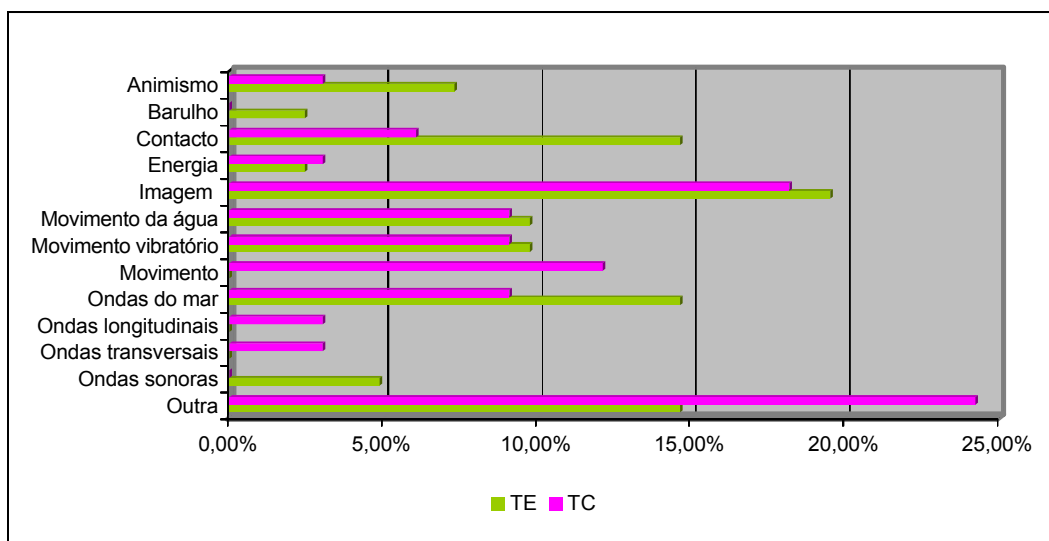


Gráfico 63– Respostas à questão sobre o conceito de onda.

Da análise da informação recolhida com o gráfico 63 conclui-se que para os alunos das turmas experimental e de controlo existe uma diversidade de explicações para o que será uma onda. Para a TE a onda surge fundamentalmente associada a uma “imagem” que observamos (19,52%). Esta mesma ideia foi encontrada sensivelmente no mesmo número de respostas dos alunos da TC (18,18%).

Às subcategorias indicadas anteriormente correspondem as unidades de significado e as respectivas frequências mencionadas no quadro 56.

Quadro 56- Conceito de onda.

| Categoria | Subcategorias         | Unidade de significado                                                              | Frequência absoluta |    | Frequência relativa |        |
|-----------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|---------------------|--------|
|           |                       |                                                                                     | TE                  | TC | TE                  | TC     |
| Onda      | Animismo              | Forma-se quando nós atiramos uma pedra                                              | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma-se quando deixamos cair alguma coisa                                          | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma-se quando tocamos na água                                                     | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma-se devido às coisas que as pessoas fazem                                      | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Barulho               | É o som emitido por qualquer coisa que faça barulho                                 | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           | Contacto              | Forma-se quando dois objectos embatem um no outro                                   | 6                   | 0  | 14,63%              | 0,00%  |
|           |                       | Obtém-se pelo toque na água                                                         | 0                   | 2  | 0,00%               | 6,06%  |
|           | Energia               | É fonte de energia                                                                  | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma-se devido à libertação de energia no mar                                      | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Imagem                | Afasta-se do epicentro do local onde cai a pedra                                    | 2                   | 0  | 4,88%               | 0,00%  |
|           |                       | Tem forma circular                                                                  | 2                   | 1  | 4,88%               | 3,03%  |
|           |                       | Vê-se quando atiramos uma pedra                                                     | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Representa a zona de impacto até onde o corpo afectou quando caiu no centro da onda | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma-se quando está muito vento                                                    | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | É um tremor na superfície da água                                                   | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           |                       | Forma que a água por vezes apresenta                                                | 0                   | 3  | 0,00%               | 9,09%  |
|           |                       | Ondulação que se afasta do ponto de impacto da pedra                                | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           |                       | Contínuas, como as ondas de um sismo                                                | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Movimento da água     | É a elevação da água                                                                | 0                   | 3  | 0,00%               | 9,09%  |
|           |                       | É a ondulação na água                                                               | 4                   | 0  | 9,76%               | 0,00%  |
|           | Movimento vibratório  | É um conjunto de vibrações                                                          | 4                   | 3  | 9,76%               | 9,09%  |
|           | Movimento ondulatório | Propagação de vibrações através de um meio material                                 | 0                   | 3  | 0,00%               | 9,09%  |
|           |                       | É vibrações que se movimentam no vazio                                              | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Ondas do mar          | Movimento da água do mar                                                            | 5                   | 3  | 12,20%              | 9,09%  |
|           |                       | Forma-se quando um navio passa                                                      | 1                   | 0  | 2,44%               | 0,00%  |
|           | Ondas longitudinais   | Ondas longitudinais                                                                 | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Ondas transversais    | Ondas transversais                                                                  | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,03%  |
|           | Ondas sonoras         | Ondas sonoras                                                                       | 2                   | 0  | 4,88%               | 0,00%  |
|           | Outra                 | Não responde                                                                        | 6                   | 8  | 14,63%              | 24,24% |

A explicação do que é uma onda, como dissemos anteriormente, está fundamentalmente ligada à “imagem” que observamos, por exemplo, se “deixa cair uma pedra na água”. Seguem-se alguns exemplos de respostas de alunos da TE e da TC: a onda “tem forma circular”, 4,88% e 3,03%, respectivamente; “afasta-se do epicentro do local onde cai a pedra”, 4,88% de respostas obtidas na TE; “vê-se quando atiramos uma pedra”, “é um tremor na

*superfície da água*”, com uma percentagem de 2,44% de respostas obtidas na TE; “ondulação que se afasta do ponto de impacto da pedra”; “contínuas, como as ondas de um sismo”, uma resposta na TC.

Por outro lado, a onda é, também, associada, pelos alunos da TE e da TC às ondulações do mar. Exemplos: a onda é o “movimento da água do mar”, 12,20% e 9,09%, respectivamente; “forma-se quando um navio passa”, resposta de um aluno da TC.

A associação entre onda e movimento vibratório surge nas respostas dos alunos das duas turmas. Assim para estes estudantes das turmas experimental e da de controlo ondas são “conjunto de vibrações”, 9,76% e 9,09%, respectivamente. Porém, na TC os alunos adiantam que ondas são “propagação de vibrações” (12,2%), que ocorrem num “meio material” (9,09%) ou então que ocorrem “no vazio” (3,03%).

Nas respostas dos estudantes surgiram ainda referências a uma relação entre a acção provocada por uma pessoa e a consequente formação de onda. Esta forma-se, segundo as palavras dos alunos quando “atiramos uma pedra”; “deixamos cair alguma coisa”, alguém toca na água”, ou então “devido às coisas que as pessoas fazem”. Ainda a salientar, há o facto de existirem na turma experimental e na turma de controlo alguns alunos que não conseguiram definir o conceito de onda: 14,7% e 24,2%, respectivamente.

Para além da identificação das subcategorias, analisámos as respostas dos discentes em níveis de correcção, conforme se indica no quadro 57.

Quadro 57 – Avaliação das respostas à questão sobre o conceito de onda.

| Resposta                                   | TE (N = 28) |        | TC (N = 27 ) |        |
|--------------------------------------------|-------------|--------|--------------|--------|
|                                            | Nº          | %      | Nº           | %      |
| Resposta certa e completa                  | 0           | 0,00%  | 0            | 0,00%  |
| Resposta certa mas incompleta              | 4           | 14,29% | 7            | 25,93% |
| Resposta parcialmente certa/Resposta pobre | 0           | 0,00%  | 0            | 0,00%  |
| Resposta totalmente errada/Não responde    | 24          | 85,71% | 20           | 74,07% |

Da análise do quadro 57, verificamos que nas turmas experimental e de controlo não houve nenhum aluno que desse a resposta certa e completa. A maior parte das respostas nas duas turmas foi considerada totalmente errada/não responde.

Por outro lado, um número reduzido de alunos nas duas turmas deram respostas certas mas incompletas. Incluímos neste tipo de resposta as ideias referentes:

- à associação entre onda e vibrações que ocorrem;
- à existência de propagação de vibrações restritas ao meio físico/vazio;

No quadro 58 indicamos algumas das respostas dadas pelos alunos das duas turmas incluídas neste nível de correcção.

Quadro 58 – Exemplos de respostas certas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o conceito de onda.

| Respostas dos alunos                                                                                                                                               | TE | TC |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - “existem dois tipos de ondas: as ondas sonoras e ondas do mar as ondas sonoras são conjunto de vibrações que se formam quando dois objectos embatem um no outro” | ✓  |    |
| - “cadeia de vibrações provocada por algum movimento”                                                                                                              | ✓  |    |
| - “vibração que comunica com a água fazendo com que a água se mova”                                                                                                | ✓  |    |
| - “uma onda é uma vibração que há medida que se afasta do ponto onde caiu a pedra se vão desaparecendo”                                                            | ✓  |    |
| - “uma onda é uma vibração que ocorre quando há uma queda de um objecto”                                                                                           |    | ✓  |
| - “ondas resultam da propagação de vibrações através de um meio material”                                                                                          |    | ✓  |
| - “onda resulta da propagação de vibrações através de um meio material pois a vibração da pedra transmite ondas que vai sendo contínuas, tais como as de um sismo” |    | ✓  |
| - “ondas resultam da propagação de vibrações através de um meio material”                                                                                          |    | ✓  |
| - “são vibrações que se movimentam no vazio”                                                                                                                       |    | ✓  |
| - “são várias vibrações que se mexem”                                                                                                                              |    | ✓  |

Foram englobadas no nível resposta totalmente errada/não responde toda aquela cujo conteúdo estava totalmente errado ou então em que não havia qualquer resposta. De um modo geral, as respostas dadas pelos alunos referem-se: à imagem observada quando a onda se forma; a situações onde se constata a formação de ondas; a tipos de ondas. Como exemplos de respostas incluídas neste nível tivemos as que se indicam no quadro 59.

Quadro 59 – Exemplos de respostas totalmente erradas/não responde dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o conceito de onda.

| Respostas dos alunos                                                                                                                                        | TE | TC |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - “onda marítima ocorre quando um ou mais objectos caem sobre a água, onda sonora som emitido por qualquer objecto”                                         | ✓  |    |
| - “imagens que se vêem ao mandarmos a pedra”                                                                                                                | ✓  |    |
| - “representa a zona de impacto até onde o corpo afectou quando caiu no centro da onda”                                                                     | ✓  |    |
| - “acção criada pelos mares quando chegam à praia”                                                                                                          | ✓  |    |
| - “movimento brusco da água provocado por outro corpo”                                                                                                      | ✓  |    |
| - “não tem energia própria, só se mexe se alguém lhe tocar”                                                                                                 | ✓  |    |
| - “provocada por alguma coisa que faça a água ter ondulações”                                                                                               | ✓  |    |
| - “deve-se à refacção do som, ou seja afasta-se do epicentro do local onde cai a pedra”                                                                     | ✓  |    |
| - “som emitido por qualquer coisa que faz barulho”                                                                                                          | ✓  |    |
| - “movimento natural ou artificial das águas. Artificial quando surge através de uma gota ou uma pedra, natural é quando foi provocadas por coisa material” | ✓  |    |
| - “ondulação na água e no som”                                                                                                                              | ✓  | ✓  |
| - “forma-se se nós atirmos uma pedra, a água fica com ondas/uma onda é quando algo cai na água e faz ondulações”                                            | ✓  | ✓  |
| - “ondulação que provém dos mares com os movimentos do mar faz-se ondas/agitação no mar/movimento da água do mar”                                           | ✓  | ✓  |
| - “coisa grande que vem do mar e que qualquer coisa (objecto) que bata na água faz (uma onda)”                                                              | ✓  |    |
| - “onda pode ser quando está muito vento ou quando um navio passa, forma ondas”                                                                             | ✓  |    |
| - “são circunferências que acontece quando deixamos cair alguma coisa/movimento circular”                                                                   | ✓  | ✓  |



|                                                                                                        |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| - "uma onda é originada por um tremor na superfície da água por consequência formam-se ondulações"     | ✓ |   |
| - "uma onda é um movimento em forma circular provocada por uma força ou/é fonte de energia"            | ✓ |   |
| - "há dois tipos de ondas, as longitudinais e as transversais"                                         |   | ✓ |
| - "elevação da água"                                                                                   |   | ✓ |
| - "é uma forma que a água às vezes obtém devido às coisas que as pessoas fazem ou mesmo pela natureza" |   | ✓ |
| - "são ondulações que cada vez se afastam mais do ponto de impacto"                                    |   | ✓ |

### Questão 5 – Velocidade de propagação do som

Nesta pergunta sobre a velocidade de propagação do som foram fornecidas oito proposições que os alunos tinham de classificar em verdadeiras ou falsas. São elas:

- A. Em geral, o som viaja mais rapidamente no ar do que nos sólidos.
- B. Em geral, o som viaja mais rapidamente no ar do que nos líquidos.
- C. Em geral, o som viaja mais rapidamente no sólidos do que nos líquidos.
- D. O som apenas viaja no ar.
- E. O som viaja no vazio.
- F. A velocidade de propagação do som depende do meio material, isto é, das suas características.
- G. A velocidade de propagação do som depende da densidade do meio
- H. A velocidade de propagação do som depende da temperatura.

Com as respostas dadas pelos alunos a esta questão construiu-se o quadro 60. O fundo amarelo assinala a opção correcta para cada proposição.

Quadro 60 – Respostas à questão sobre a velocidade de propagação do som.

| Proposição/Valor lógico |   | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------------|---|-------------|--------|-------------|--------|
|                         |   | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A                       | V | 22          | 78,57% | 22          | 81,48% |
|                         | F | 6           | 21,43% | 5           | 18,52% |
| B                       | V | 23          | 82,14% | 20          | 74,07% |
|                         | F | 5           | 17,86% | 7           | 25,93% |
| C                       | V | 8           | 28,57% | 9           | 33,33% |
|                         | F | 20          | 71,43% | 18          | 66,67% |
| D                       | V | 5           | 17,86% | 2           | 7,41%  |
|                         | F | 23          | 82,14% | 25          | 92,59% |
| E                       | V | 18          | 64,29% | 15          | 55,56% |
|                         | F | 10          | 35,71% | 12          | 44,44% |
| F                       | V | 21          | 75,00% | 20          | 74,07% |
|                         | F | 7           | 25,00% | 7           | 25,93% |
| G                       | V | 22          | 78,57% | 22          | 81,48% |
|                         | F | 6           | 21,43% | 5           | 18,52% |
| H                       | V | 6           | 21,43% | 4           | 14,81% |
|                         | F | 22          | 78,57% | 23          | 85,19% |

Para cada proposição as respostas dadas pelos alunos de ambas as turmas são muito semelhantes. As proposições em que os alunos das turmas experimental e de controlo mais erraram foram as A (em geral, o som viaja mais rapidamente no ar do que nos sólidos), B (em geral, o som viaja mais rapidamente no ar do que nos líquidos), C (em geral, o som viaja mais rapidamente no sólidos do que nos líquidos), referentes à propagação do som nos meios físicos, E (o som viaja no vazio) e H (a velocidade de propagação do som depende da temperatura).

#### Questão 6.1- Fenómeno da trovoadas

Neste item era solicitado aos alunos que explicassem o facto de, num dia de trovoadas, primeiro o João ter visto o raio e só algum tempo depois ter ouvido o trovão. Foi dada a seguinte figura.



Figura 46 (figura 4 do pré-teste) - Trovoadas.

Os dados recolhidos da análise desta questão, levaram à formulação de subcategorias, as quais são indicadas no gráfico 64. Estas referem-se à justificação solicitada aos alunos do motivo pela qual num dia de trovoadas o João observa primeiro o raio e só depois ouve o trovão.

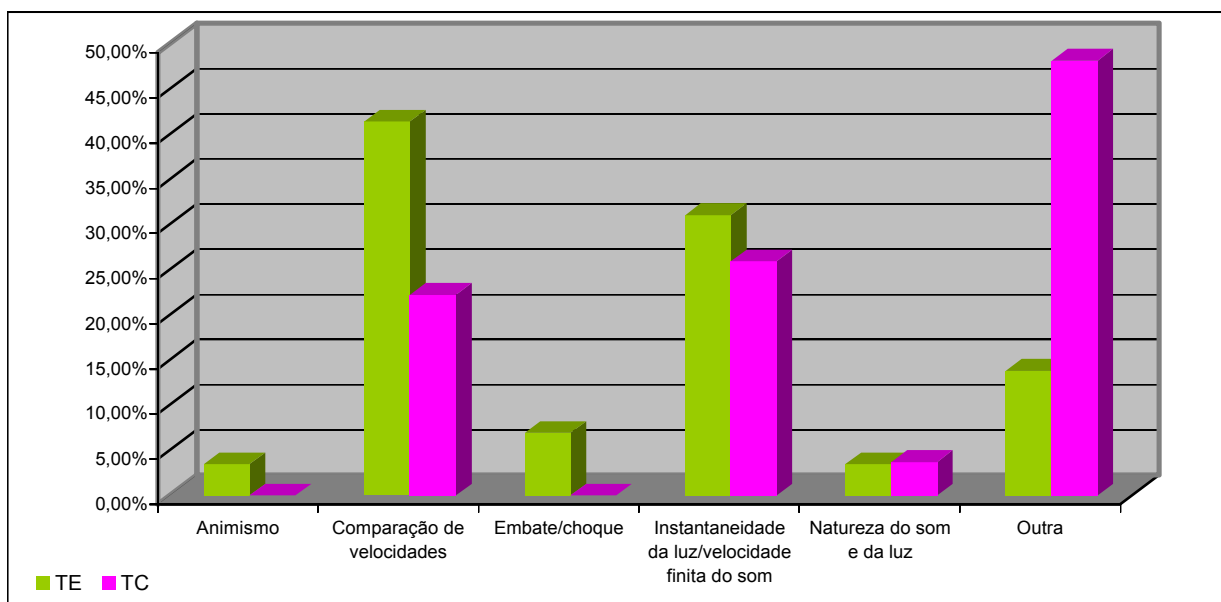


Gráfico 64 - Respostas à questão sobre o fenómeno da trovoadas.

Da análise do gráfico anterior observamos que, na TE, a maior parte das respostas incidiram nas subcategorias “comparação de velocidades” (41,38%) e “instantaneidade de luz/velocidade finita do som” (31%), enquanto que as respostas dos estudantes da TC nestas subcategorias correspondem a apenas 25,93% e 22,22%, respectivamente.

De salientar que na TC se verificou um número elevado de alunos que não responderam a esta questão, o que é traduzido no gráfico anterior pela subcategoria - outra.

Às subcategorias indicadas anteriormente correspondem as unidades de significado e as respectivas frequências mencionadas no quadro 61.

Quadro 61 – Respostas à questão sobre o fenómeno da trovoada.

| Categoria | Subcategorias                                   | Unidade de significado                                                                                        | Frequência absoluta |    | Frequência relativa |        |
|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|---------------------|--------|
|           |                                                 |                                                                                                               | TE                  | TC | TE                  | TC     |
| Trovoada  | Animismo                                        | fenómeno deve-se às pessoas                                                                                   | 1                   | 0  | 3,45%               | 0,00%  |
|           | Comparação de velocidades                       | a luz é mais rápida do que o som                                                                              | 4                   | 1  | 13,79%              | 3,70%  |
|           |                                                 | quando o João via o raio ele encontrava-se a grandes metros de distância e depois de 10 s o som chega ao João | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |
|           |                                                 | depende da velocidade do som                                                                                  | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |
|           |                                                 | demora mais tempo a chegar cá abaixo                                                                          | 1                   | 0  | 3,45%               | 0,00%  |
|           |                                                 | raio é tão rápido que o barulho não acompanha                                                                 | 1                   | 0  | 3,45%               | 0,00%  |
|           |                                                 | som demora mais tempo a chegar do que a imagem                                                                | 1                   | 1  | 3,45%               | 3,70%  |
|           |                                                 | velocidade da luz é mais rápida que a do som                                                                  | 3                   | 0  | 10,34%              | 0,00%  |
|           |                                                 | no trovão o som propaga-se depois da luz                                                                      | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |
|           |                                                 | é o tempo que levou para o som do trovão chegar ao João                                                       | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |
|           |                                                 | o som demora-se a propagar                                                                                    | 2                   | 0  | 6,90%               | 0,00%  |
|           | Embate/choque                                   | o raio resulta do "embate" das nuvens                                                                         | 2                   | 0  | 6,90%               | 0,00%  |
|           | Instantaneidade da luz/velocidade finita do som | o som demora sempre algum tempo a chegar até nós                                                              | 3                   | 2  | 10,34%              | 7,41%  |
|           |                                                 | raio foi um aviso e depois veio o trovão                                                                      | 3                   | 4  | 10,34%              | 14,81% |
|           |                                                 | primeiro o relâmpago aconteceu no ar e só depois é que se ouviu                                               | 3                   | 1  | 10,34%              | 3,70%  |
|           | Natureza do som e da luz                        | raio é de natureza mais forte do que a trovoada                                                               | 1                   | 0  | 3,45%               | 0,00%  |
|           |                                                 | o raio está primeiro que o trovão por causa que é assim a natureza                                            | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |
|           | Outra                                           | não responde                                                                                                  | 4                   | 12 | 13,79%              | 44,44% |
|           |                                                 | o raio não caiu perto do local onde estava                                                                    | 0                   | 1  | 0,00%               | 3,70%  |

Os dados do quadro 61 permitem evidenciar que os alunos apresentam diversas explicações para o fenómeno mencionado na questão.

Para alguns alunos da TE e da TC durante as trovoadas vê-se o raio e só depois se ouve o trovão, porque “a luz é mais rápida do que o som”, razão apontada em 13,79% e 3,70% das respostas, respectivamente. Para outros estudantes da turma experimental, o motivo de facto é a “velocidade da luz ser mais rápida que a do som” (10,34%). Esta justificação nunca surgiu nas respostas dos alunos da outra turma.

Outras razões apresentadas para o facto foram as seguintes:

- “o som demora sempre algum tempo a chegar até a nós”, surgiu em 10,34% das respostas dos alunos da TE e em 7,41% das da outra turma;

- *“o raio foi um aviso e depois veio o trovão”* – verificou-se em 10,34% das respostas dos alunos da TE e em 14,81% das da outra turma;
- *“primeiro o relâmpago aconteceu no ar e só depois é que se ouviu”* – foi patente em 10,34% das respostas dos alunos da TE e em 3,71% das da outra turma.

De referir ainda a elevada percentagem de ausência de respostas na TC.

Para além da identificação das subcategorias, analisamos as respostas dos discentes segundo um nível de correcção, conforme se indica no quadro 62.

Quadro 62 – Avaliação das Respostas à questão sobre o fenómeno da trovoadas.

| Descrição                                      | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|------------------------------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                                                | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Resposta certa e completa                      | 12          | 42,86% | 6           | 22,22% |
| Resposta certa mas incompleta                  | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
| Resposta parcialmente certa/Justificação pobre | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
| Resposta totalmente errada/Não responde        | 16          | 57,14% | 21          | 77,78% |

Da análise do quadro verificamos que nas turmas experimental e de controlo, a maior parte das respostas dos alunos foram consideradas totalmente erradas/não responde, 57,14%, 77,78%, respectivamente.

Contudo, na TE o número de respostas certas e completas foi superior ao da outra turma. Foram consideradas como certas e completas as respostas dos seguintes dois tipos:

- ♦ a velocidade da luz é superior à velocidade do som embora a luz e o som resultem do mesmo fenómeno ou então;
- ♦ a luz (neste caso do relâmpago) propaga-se muito mais rapidamente do que o som (neste caso do trovão) embora resultem ambos do mesmo fenómeno.

Não tivemos nenhuma resposta em qualquer das turmas que se incluísse num destes tipos.

Foram consideradas certas mas incompletas as respostas sem erros mas onde faltavam elementos importantes. Dois tipos de respostas se verificaram neste nível:

- ♦ as que afirmavam simplesmente que a velocidade da luz é superior à velocidade do som sem evidenciarem a ideia de que luz e som resultaram do mesmo fenómeno;
- ♦ as que continham a afirmação de que a luz se propaga mais rapidamente que o som, mas que não conseguiram evidenciar a ideia de que luz e som resultam do mesmo fenómeno.

No quadro 63 indicamos, a título de exemplo, algumas das respostas dadas pelos alunos das duas turmas incluídas neste nível de resposta certa mas incompleta.

Quadro 63 – Exemplos de respostas certas mas incompletas dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o fenómeno da trovoadas.

| Respostas dos alunos                                                                                                               | TE | TC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - "a luz é mais rápida do que o som"                                                                                               | ✓  |    |
| - " <i>velocidade do relâmpago ser bem mais rápida do que o seu som</i> "                                                          | ✓  |    |
| - " <i>demora mais tempo a chegar cá abaixo</i> "                                                                                  | ✓  |    |
| - " <i>raio é tão rápido que o barulho não acompanha</i> "                                                                         | ✓  |    |
| - "a luz é mais rápida que o som"                                                                                                  | ✓  |    |
| - " <i>velocidade da luz é mais rápida que a do som</i> "                                                                          | ✓  |    |
| - " <i>o som demora-se a propagar</i> "                                                                                            | ✓  |    |
| - " <i>velocidade da luz é bastante maior do que a do som</i> "                                                                    | ✓  |    |
| - " <i>luz viaja mais depressa do que o som</i> "                                                                                  | ✓  |    |
| - " <i>som demora mais tempo a chegar do que a imagem</i> "                                                                        | ✓  |    |
| - " <i>o som propaga-se menos rapidamente</i> "                                                                                    | ✓  |    |
| - " <i>o João viu primeiro o raio porque a luz é mais rápida que o som</i> "                                                       | ✓  |    |
| - " <i>quando o João via o raio ele encontrava-se a grandes metros de distâncias e depois de 10 segundos o som chega ao João</i> " |    | ✓  |
| - " <i>no trovão o som propaga-se depois da luz</i> "                                                                              |    | ✓  |
| - " <i>é o tempo que levou para o som do trovão chegar ao João</i> "                                                               |    | ✓  |
| - " <i>quer dizer que a luz viaja mais rápido que o som</i> "                                                                      |    | ✓  |
| - " <i>o som da trovoadas é mais tardia do que a sua imagem</i> "                                                                  |    | ✓  |

Nas respostas consideradas totalmente erradas a maior parte dos alunos procuraram explicar o facto através do próprio fenómeno da trovoadas ou então recorreram a razões externas ao fenómeno como, por exemplo, o sujeito da experiência não analisar bem o facto que observou.

No quadro 64 apresentamos alguns exemplos de respostas incluídas neste nível.

Quadro 64– Exemplos de respostas totalmente erradas/não responde dos alunos da turma experimental e da turma de controlo sobre o fenómeno da trovoadas.

| Respostas dos alunos                                                                                                               | TE | TC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - "o som demora sempre algum tempo a chegar até nós dependendo da distância a que o acontecimento se encontra"                     | ✓  |    |
| - "raio é de natureza mais forte do que a trovoadas, logo acontece primeiro"                                                       | ✓  |    |
| - "devido ao embate entre duas nuvens carregadas de água"                                                                          | ✓  |    |
| - "raio foi um aviso e depois veio o trovão"/ o trovão vem 5 minutos depois do raio"                                               | ✓  | ✓  |
| - "o som demorou-se a propagar-se até ao João"                                                                                     | ✓  |    |
| - "fenómeno deve-se às pessoas, neste caso o João"                                                                                 | ✓  |    |
| - "a origem do raio aconteceu a muitos Km de distância o som demora algum tempo a chegar ao pé do João"                            | ✓  |    |
| - "primeiro as nuvens chocam e depois passado algum tempo vai dar origem ao trovão"                                                | ✓  |    |
| - "deveu-se primeiro o relâmpago ter acontecido no ar e só depois o som é que se ouviu"                                            | ✓  |    |
| - "por norma primeiro vem o raio e depois o trovão"                                                                                | ✓  |    |
| - "o raio vê-se primeiro porque como está mais longe de nós é que se ouve o trovão"                                                | ✓  |    |
| - "o João viu primeiro o raio pois, o raio resulta do "embate" das nuvens e primeiro dá-se o raio e depois propaga-se o som no ar" | ✓  |    |
| - "raio não caiu perto do local onde estava"                                                                                       |    | ✓  |
| - "o João viu primeiro o raio porque aparece sempre antes de produzir o som"                                                       |    | ✓  |
| - "o João viu primeiro o raio porque transmitia depois o som do trovão"                                                            |    | ✓  |
| - "os trovões não se vêem, logo ouvem-se primeiro"                                                                                 |    |    |
| - "porque o som no fim do raio aparecer é que ele exerce o som por isso é que o João ouviu primeiro o raio e depois o trovão"      |    | ✓  |
| - o raio está primeiro que o trovão por causa que é assim a natureza"                                                              |    | ✓  |

### Questão 6.2 - Equação da velocidade do som

Nesta questão os alunos tinham de aplicar a equação da velocidade do som definida em função do quociente da distância percorrida pelo som e do tempo de propagação, escolhendo o resultado do cálculo de uma das cinco opções fornecidas:

- A.  $340 \text{ m/s} / 20 \text{ s} = 17 \text{ m}$ .
- B.  $340 \text{ m/s} / 10 \text{ s} = 34 \text{ m}$ .
- C.  $340 \text{ m/s} / 5 \text{ s} = 68 \text{ m}$ .
- D.  $340 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 3400 \text{ m}$ .
- E.  $340 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 6800 \text{ m}$ .

Com as respostas dos alunos a esta questão construiu-se o quadro 65. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 65 - Respostas à questão sobre a equação da velocidade do som.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |       |
|--------|-------------|--------|-------------|-------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %     |
| A      | 2           | 7,14%  | 1           | 3,7%  |
| B      | 7           | 25,00% | 4           | 14,8% |
| C      | 4           | 14,29% | 5           | 18,5% |
| D      | 14          | 50,00% | 17          | 63,0% |
| E      | 1           | 3,57%  | 0           | 0,0%  |

Os resultados obtidos permitiram concluir que os alunos das duas turmas concentraram as suas respostas na opção D ( $340 \text{ m/s} \times 10 \text{ s} = 3400 \text{ m}$ ). A opção menos seleccionada pelos alunos da TE foi a opção E ( $340 \text{ m/s} \times 20 \text{ s} = 6800 \text{ m}$ ), enquanto na TC foi a A ( $340 \text{ m/s} / 20 \text{ s} = 17 \text{ m}$ ).

O gráfico 65 compara os resultados das duas turmas para esta questão.

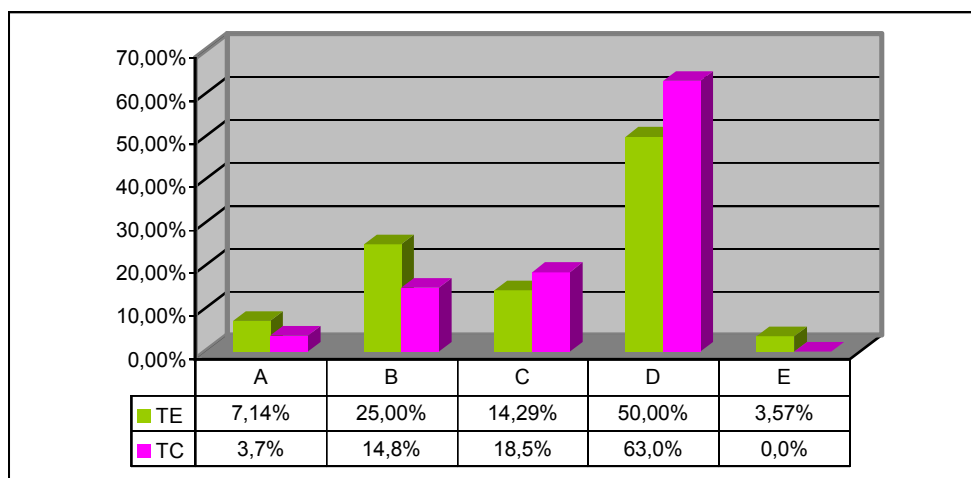


Gráfico 65 - Respostas à questão sobre a equação da velocidade do som.

#### Questão 7.1 – Equação da velocidade da onda sonora

Nesta questão os alunos tinham de aplicar a equação da velocidade da onda sonora definida em função do produto do comprimento de onda e da frequência escolhendo o resultado do cálculo de uma das cinco opções fornecidas:

A.  $340 \text{ m/s} / 435 \text{ Hz} = 0,78 \text{ m}$ .

B.  $340 \text{ m/s} / 345 \text{ Hz} = 0,98 \text{ m}$ .



C.  $345 \text{ Hz} / 340 \text{ m/s} = 1,01\text{m}$ .

D.  $435 \text{ Hz} / 340 \text{ m/s} = 1,27 \text{ m}$ .

E. Um valor diferente dos anteriores.

No quadro 66 encontram-se registados, para cada opção, os números de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheram e as respectivas percentagens. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 66 - Respostas à questão sobre a equação da velocidade da onda sonora.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 2           | 7,14%  | 8           | 29,63% |
| B      | 3           | 10,71% | 2           | 7,41%  |
| C      | 6           | 21,43% | 6           | 22,22% |
| D      | 12          | 42,86% | 8           | 29,63% |
| E      | 5           | 17,86% | 3           | 11,11% |

Da análise dos dados do quadro observamos, que na TE as respostas incidiram sobretudo na opção D ( $435 \text{ Hz} / 340 \text{ m/s} = 1,27 \text{ m}$ ) já que 42,86% dos alunos a seleccionaram. Por sua vez, na TC os alunos dividiram-se sobretudo entre a opção A ( $340 \text{ m/s} / 435 \text{ Hz} = 0,78 \text{ m}$ ) e a opção D, tendo ambas sido escolhidas por 29,63% dos alunos.

O gráfico 66 apresenta, em percentagem, os resultados das duas turmas para esta questão.

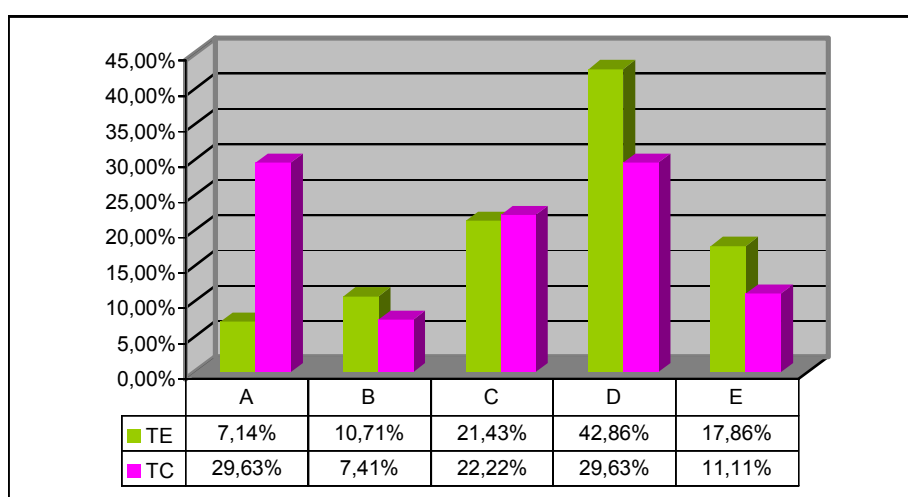


Gráfico 66 - Respostas à questão 7.1 do pré-teste

### Questão 7.2 – Significado do comprimento de onda

Nesta pergunta foi solicitado aos alunos que explicassem o significado do valor da grandeza comprimento de onda escolhido na alínea 7.1.

As justificações apresentadas pelos alunos nesta questão permitiram concluir que, embora alguns deles tivessem conseguido chegar ao valor do comprimento de onda, na prática mostram-se incapazes de compreender o seu significado.

Nas duas turmas as respostas dadas pelos alunos estavam totalmente erradas. Eis algumas das respostas dadas pelos alunos da TE:

Quadro 67 – Exemplos de respostas à questão sobre o significado do comprimento de onda.

| Respostas dos alunos                                                                                                   | TE | TC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| - "se 340 m estão para um segundo, 435 Hz estão para x metros"                                                         | ✓  |    |
| - "se a velocidade média é 340 m/s, 435 Hz demoram 0,78 m"                                                             | ✓  |    |
| - "é a distância/comprimento de onda das ondas sonoras produzidas"                                                     | ✓  |    |
| - "o som acaba logo"                                                                                                   | ✓  |    |
| - "no enunciado aparece 435 Hz e 340 m portanto fiz 340/435"                                                           | ✓  |    |
| - "é o tempo de diferença entre o relâmpago e o trovão"                                                                | ✓  |    |
| - "como 340 m por segundo é a velocidade média do som, então 340 a dividir pela frequência emitida pelo diapasão 435"; | ✓  |    |
| - "é a velocidade média do som e depois divide-se pelo dado encontrado na questão posta"                               | ✓  |    |
| - "é o mais adequado à questão"                                                                                        | ✓  |    |
| - "pareceu a mais correcta"                                                                                            | ✓  |    |
| - "as ondas sonoras não são muito curtas"                                                                              | ✓  |    |
| - "porque o valor que está no texto antes da pergunta é 435 Hz e 340 m"                                                | ✓  |    |
| - "eu penso que seja 435 a dividir por 340 e igual a 1,27 m"                                                           | ✓  |    |
| - "eu penso que é a A pois a velocidade da frequência do som 435 Hz e a velocidade de propagação do som 340 m/s"       | ✓  |    |
| - "porque a velocidade média do som é de 340 m e divide-se pela frequência do som"                                     |    | ✓  |
| - "porque quando tocado com o martelo é produzido um som de frequência de 1,01m"                                       |    | ✓  |
| - "porque se propaga no ar e o som vai mais longe"                                                                     |    | ✓  |
| - "eu escolhi o valor da alínea D porque quero saber o comprimento e não a velocidade"                                 |    | ✓  |
| - "porque é a resposta certa"                                                                                          |    | ✓  |
| - "é porque $345/340 = 1,01$ m"                                                                                        |    | ✓  |
| - "por minha parte o valor escolhido é invenção"                                                                       |    | ✓  |

### Questão 8 – Frequência da onda

Nesta questão os alunos tinham de determinar a frequência da onda sonora e assinalar a resposta numa das seguintes alternativas:

A.  $20 \text{ s} / 3000 = 0,01 \text{ Hz}$ .

B.  $300 / 20 \text{ s} = 15 \text{ Hz}$ .

C.  $3000 / 20 \text{ s} = 150 \text{ Hz}$ .

D.  $3000 / 10 \text{ s} = 300 \text{ Hz}$ .

E.  $6000 / 10 \text{ s} = 600 \text{ Hz}$ .

Com as respostas dos alunos a esta questão construiu-se o quadro 68. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 68 - Respostas à questão sobre a frequência da onda.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 2           | 7,14%  | 4           | 14,81% |
| B      | 13          | 46,43% | 5           | 18,52% |
| C      | 11          | 39,29% | 13          | 48,15% |
| D      | 1           | 3,57%  | 1           | 3,70%  |
| E      | 1           | 3,57%  | 4           | 14,81% |

As respostas a esta questão permitiram concluir que, uma maior percentagem de alunos da TC, 48,15% chegaram à solução correcta, enquanto que na TE essa percentagem ficou pelos 39,29%.

O gráfico 67 compara os resultados das turmas experimental e de controlo para esta questão.

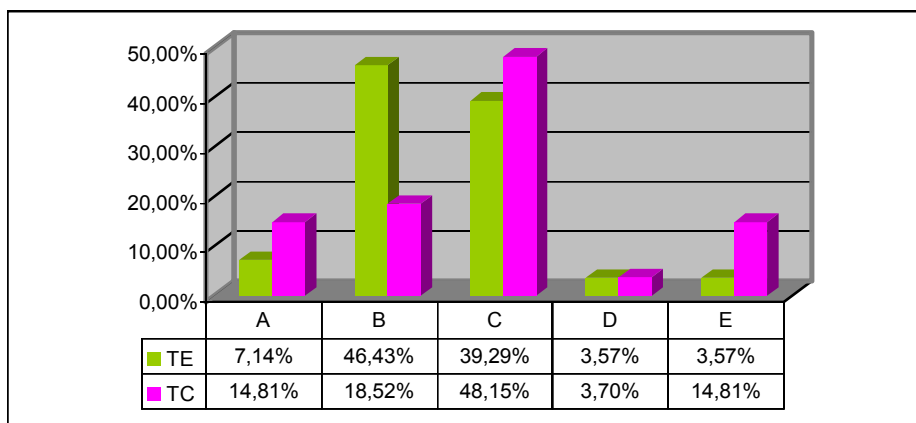


Gráfico 67- Respostas à questão sobre a frequência da onda.

### Questão 9 – Fenómenos sonoros

Nesta pergunta os estudantes teriam de distinguir diversos fenómenos sonoros. Para o efeito os fenómenos sonoros foram identificados pelas letras:

- A. Reflexão do som.
- B. Ressonância do som.
- C. Difracção do som.
- D. Refracção do som.
- E. Reverberação do som.

Cada fenómeno sonoro teria de ser associado a uma ou mais afirmação (ões) numeradas de 1 a 6. São elas:

1. ocorre quando as ondas encontram um obstáculo ou um orifício, contornam a extremidade do obstáculo ou as paredes do orifício, curvando-se,
2. ocorre quando o som muda de um meio para outro,
3. ocorre quando a frequência da onda sonora é igual à frequência natural de vibração de um objecto,
4. ocorre quando um som, ao embater num obstáculo, muda de direcção ou apenas de sentido,
5. ocorre devido a sucessivas reflexões do som,
6. ocorre em salas de concerto em que se ouvem os sons prolongados.

Com as respostas dos alunos a esta questão construiu-se o quadro 69.

Quadro 69 – Respostas à questão sobre a identificação dos fenómenos sonoros.

| Fenómenos sonoros | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                   | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A                 | 5           | 17,86% | 6           | 22,22% |
| B                 | 8           | 28,57% | 8           | 29,63% |
| C                 | 3           | 10,71% | 7           | 25,93% |
| D                 | 5           | 17,86% | 8           | 29,63% |
| E                 | 1           | 3,57%  | 0           | 0,00%  |

O gráfico seguinte apresenta os resultados das duas turmas para esta questão.

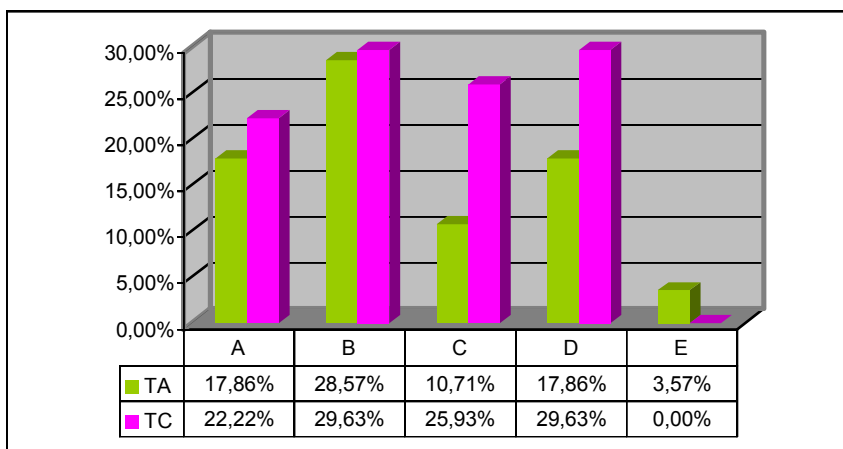


Gráfico 68- Respostas à questão sobre a identificação dos fenômenos sonoros.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o fenômeno sonoro mais facilmente identificado pelos alunos das duas turmas foi o B (ressonância do som). Por sua vez, o fenômeno E (reverberação do som) foi aquele em que os alunos de ambas as turmas tiveram mais dificuldade em reconhecê-lo. Por outro lado, o fenômeno sonoro C (difração do som) foi aquele onde se registou uma maior diferença na escolha acertada entre os alunos das duas turmas.

Relativamente a cada um dos fenômenos sonoros os alunos caracterizaram-nos segundo o expresso nos gráficos seguintes.

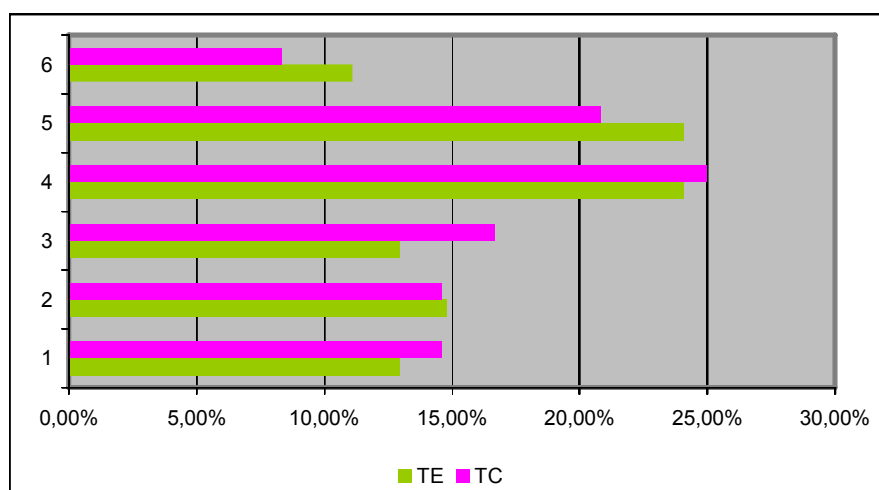


Gráfico 69- Respostas à questão sobre o fenômeno sonoro: reflexão do som.

Sobre a reflexão do som responderam, na TE, 27 alunos e na TC, 24 alunos. As respostas dos alunos respondentes dividiram-se pelas seis afirmações dadas na questão. Verificou-se que uma pequena percentagem de alunos nas duas turmas conseguiram identificar a proposição correcta, opção 4 (ocorre quando um som, ao embater num obstáculo, muda de direcção ou apenas de sentido). Próxima a esta opção, os alunos seleccionaram a opção 5 (ocorre devido a sucessivas reflexões do som), cuja escolha poderá ter sido influenciada pelo próprio conteúdo da proposição, que tem incluído a palavra reflexão.

Em relação ao fenómeno ressonância, este foi descrito pelos alunos tal como se indica no gráfico 70.

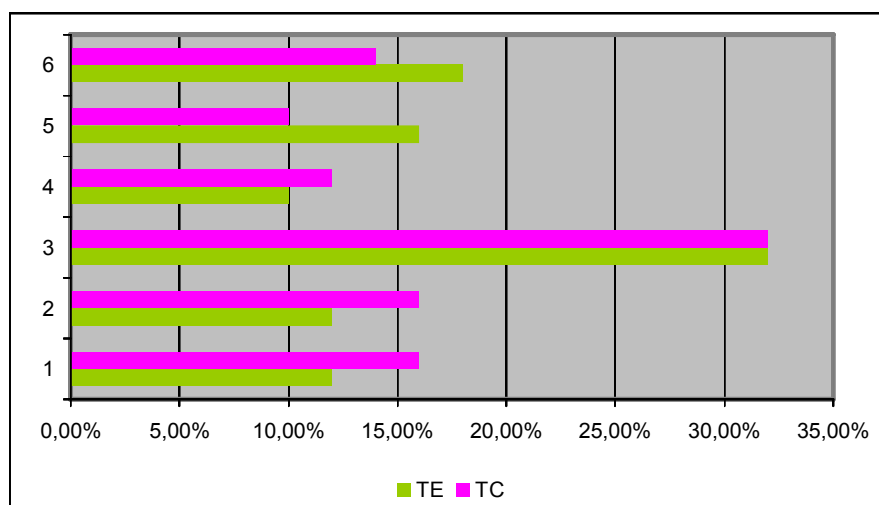


Gráfico 70- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: ressonância do som.

Sobre este fenómeno pronunciaram-se 25 alunos de cada turma. Dos alunos respondentes a proposição mais escolhida nas duas turmas foi a correspondente à opção 3 (ocorre quando a frequência da onda sonora é igual à frequência natural de vibração de um objecto), que era a mais correcta das apresentadas. Seguem-se as escolhas das proposições 5 (ocorre devido a sucessivas reflexões do som) e 6 (ocorre em salas de concerto em que se ouvem os sons prolongados) na TE e as afirmações 1 (ocorre quando as ondas encontram um obstáculo ou um orifício, contornam a extremidade do obstáculo ou as paredes do orifício, curvando-se) e 2 (ocorre quando o som muda de um meio para outro) na TC.

Acerca do fenómeno sonoro difracção, na TE pronunciaram-se 25 alunos e na TC 24 alunos. Com as respostas dos alunos respondentes construiu-se o gráfico 71.

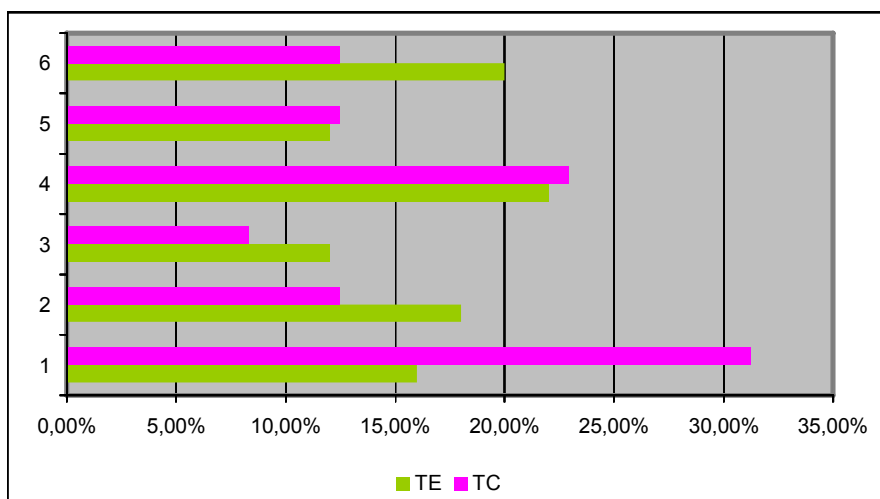


Gráfico 71- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: difracção do som.

Os alunos da TE focalizaram-se na afirmação 1 (ocorre quando as ondas encontram um obstáculo ou um orifício, contornam a extremidade do obstáculo ou as paredes do orifício, curvando-se) e em menor grau na proposição 4 (ocorre quando um som, ao embater num obstáculo, muda de direcção ou apenas de sentido), enquanto que os alunos da TC incidiram as suas respostas na opção 4, próximas das dadas na opção 6 (ocorre em salas de concerto em que se ouvem os sons prolongados).

Quanto ao fenómeno da refacção, na TE responderam 26 alunos e na TC 24 alunos. A partir das respostas dadas por estes discentes elaborou-se o gráfico 72.

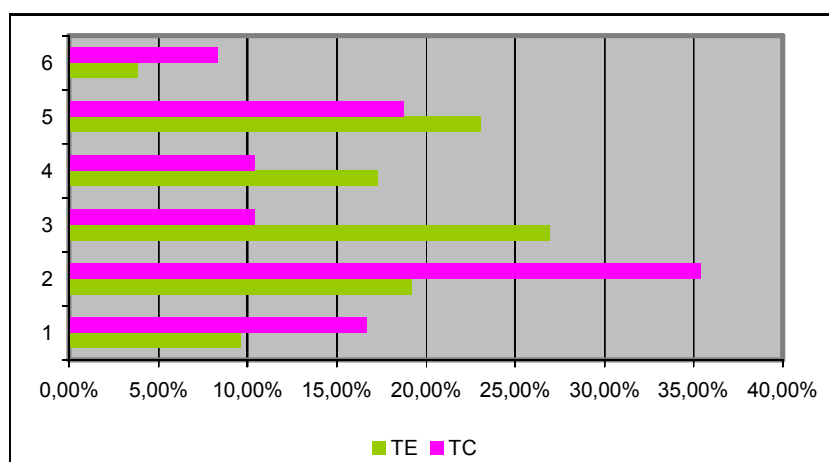


Gráfico 72- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: refacção do som.

Os alunos da TE seleccionaram com maior frequência as opções 3 (ocorre quando a frequência da onda sonora é igual à frequência natural de vibração de um objecto) e 5 (ocorre devido a sucessivas reflexões do som), enquanto que os alunos da TC escolheram em primeiro lugar a opção 2 (ocorre quando o som muda de um meio para outro), que era a correcta. Em segundo lugar escolheram as opções 5 (ocorre devido a sucessivas reflexões do som) e 1 (ocorre quando as ondas encontram um obstáculo ou um orifício, contornam a extremidade do obstáculo ou as paredes do orifício, curvando-se).

A pergunta sobre a reverberação foi aquela à qual os alunos da TC menos respostas deram, pronunciando-se apenas 21 alunos. Na TE responderam 25 alunos. Com as respostas obtidas nas duas turmas construiu-se o gráfico 73.

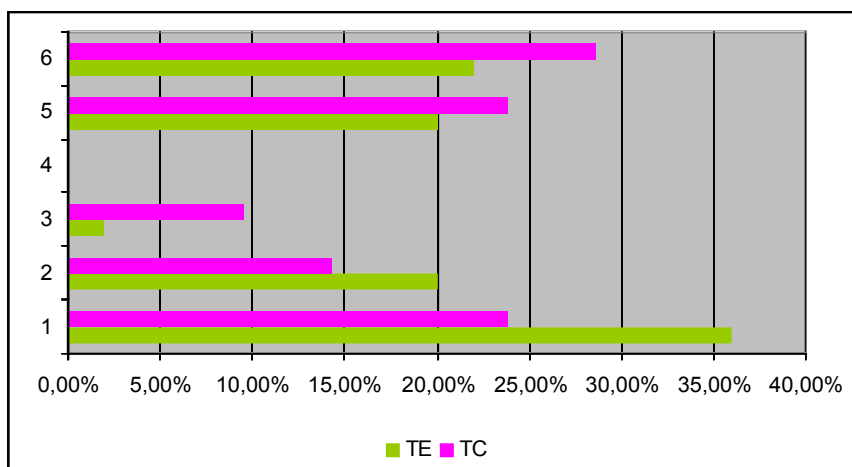


Gráfico 73- Respostas à questão sobre o fenómeno sonoro: reverberação do som.

A opção 4 (ocorre quando um som, ao embater num obstáculo, muda de direcção ou apenas de sentido), não foi escolhida por nenhum aluno das duas turmas.

Na TE a opção mais escolhida pelos alunos foi a 1 (ocorre quando as ondas encontram um obstáculo ou um orifício, contornam a extremidade do obstáculo ou as paredes do orifício, curvando-se), enquanto que na TC foi a 6 (ocorre em salas de concerto em que se ouvem os sons prolongados), opção correcta.



### Questão 10 – Eco e reverberação

Nesta questão foi pedido aos alunos que interpretassem os fenómenos eco e reverberação. Para o efeito foram dadas duas descrições de cenários do dia-a-dia. Assim, à descrição A corresponde o texto:

quando se entra numa habitação de pequeno comprimento, vazia (sem móveis, tapetes, cortinados, etc.), ao falar nota-se que as palavras parecem alongar-se no tempo, ou seja, confundem-se umas com as outras e tornam-se incompreensíveis.

Por sua vez, à descrição B corresponde o texto:

quando se entra num armazém de grande comprimento e vazio e se emite um som, passado um curto intervalo de tempo ouve-se uma repetição do som que foi emitido.

A partir destas duas descrições os alunos teriam de pronunciar-se sobre a veracidade ou falsidade das seguintes afirmações:

- A. Nas situações A e B existe reflexão do som.
- B. Nas situações A e B existe refacção do som.
- C. Na situação A diz-se que se obteve um eco.
- D. Na situação B diz-se que se obteve um eco.
- E. Na situação B ocorre o fenómeno de reverberação.

No quadro 70 encontra-se registado, para cada proposição, o valor lógico, atribuído pelos alunos. O fundo amarelo assinala a opção correcta para cada proposição.

Quadro 70 - Respostas à questão 10 do pré-teste

| Proposição/Valor lógico |   | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------------|---|-------------|--------|-------------|--------|
|                         |   | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A                       | V | 22          | 78,57% | 19          | 70,37% |
|                         | F | 6           | 21,43% | 8           | 29,63% |
| B                       | V | 9           | 32,14% | 11          | 40,74% |
|                         | F | 19          | 67,86% | 16          | 59,26% |
| C                       | V | 15          | 53,57% | 14          | 51,85% |
|                         | F | 13          | 46,43% | 13          | 48,15% |
| D                       | V | 21          | 75,00% | 16          | 59,26% |
|                         | F | 7           | 25,00% | 11          | 40,74% |
| E                       | V | 11          | 39,29% | 13          | 48,15% |
|                         | F | 17          | 60,71% | 14          | 51,85% |

Para cada proposição as respostas dadas pelos alunos de ambas as turmas são muito semelhantes. A proposição incorrecta da maioria dos alunos das turmas experimental e de controlo foi a C (na situação A diz-se que se obteve um eco), embora os alunos nas suas respectivas turmas se tenham dividido, de uma forma muito próxima, pelos dois valores lógicos.

#### Questão 11 – Cálculo do eco

Nesta questão os alunos tinham de aplicar a velocidade do som e escolher a sua resposta de entre as seguintes opções dadas:

- A.  $340 \text{ m/s} \times 0,5 \text{ s} = 170 \text{ m}$ .
- B.  $340 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 340 \text{ m}$ .
- C.  $2 \text{ s} \times 340 \text{ m/s} = 680 \text{ m}$ .
- D. Um valor diferente dos anteriores.

No quadro 71 encontram-se registados, para cada opção, os números de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheram, assim como as respectivas percentagens. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 71 - Respostas à questão sobre o cálculo do eco.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 2           | 7,14%  | 6           | 22,22% |
| B      | 15          | 53,57% | 14          | 51,85% |
| C      | 7           | 25,00% | 4           | 14,81% |
| D      | 4           | 14,29% | 3           | 11,11% |

Observando o quadro verifica-se que a maioria dos alunos das duas turmas escolheram a opção B ( $340 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 340 \text{ m}$ ) na sua resposta. Um número baixo de respostas, nas duas turmas, incidiram na opção correcta, A ( $340 \text{ m/s} \times 0,5 \text{ s} = 170 \text{ m}$ ).

O gráfico 74 apresenta, em termos relativos, os resultados das turmas experimental e de controlo para a questão 11.

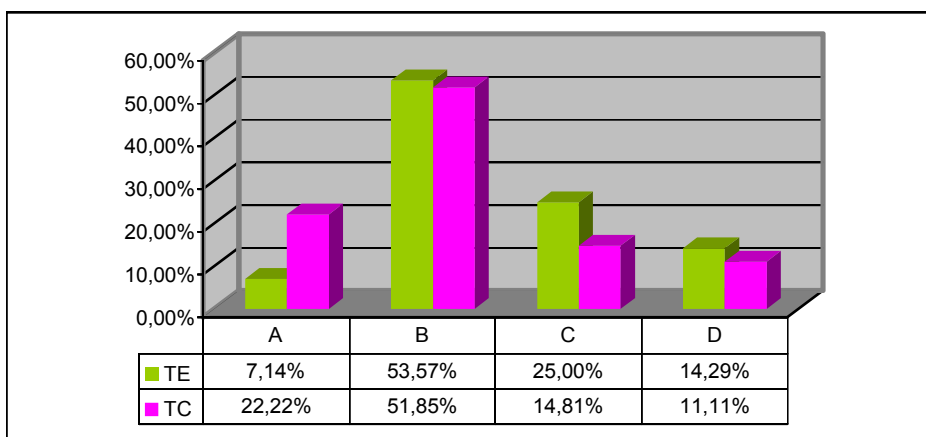


Gráfico 74 - Respostas à questão sobre o cálculo do eco.

#### Questão 12 – Fenómenos sonoros: sonar e ecografia

Nesta questão os alunos teriam de identificar os fenómenos sonoros sonar e a ecografia, como sendo aplicações de um determinado fenómeno sonoro. Para o efeito foram dadas cinco opções que se descrevem a seguir:

- A. Ressonância do som.
- B. Reflexão do som.
- C. Reverberação do som.
- D. Refracção do som.
- E. Difracção do som.

No quadro 72 encontram-se registados, para cada opção, os números de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheram e as respectivas percentagens. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 72 - Respostas à questão sobre os fenómenos sonar e ecografia.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 10          | 35,71% | 10          | 37,04% |
| B      | 6           | 21,43% | 4           | 14,81% |
| C      | 4           | 14,29% | 6           | 22,22% |
| D      | 3           | 10,71% | 5           | 18,52% |
| E      | 5           | 17,86% | 2           | 7,41%  |

Dos dados obtidos no quadro 72 constata-se que as respostas dos alunos de ambas as turmas incidiram na opção A (Ressonância do som). A opção correcta, B (Reflexão do som), foi escolhida por apenas 21,43% dos alunos da TE e 14,81% dos alunos da TC.

O gráfico 75 apresenta as respostas dadas pelos alunos das duas turmas envolvidas no estudo.

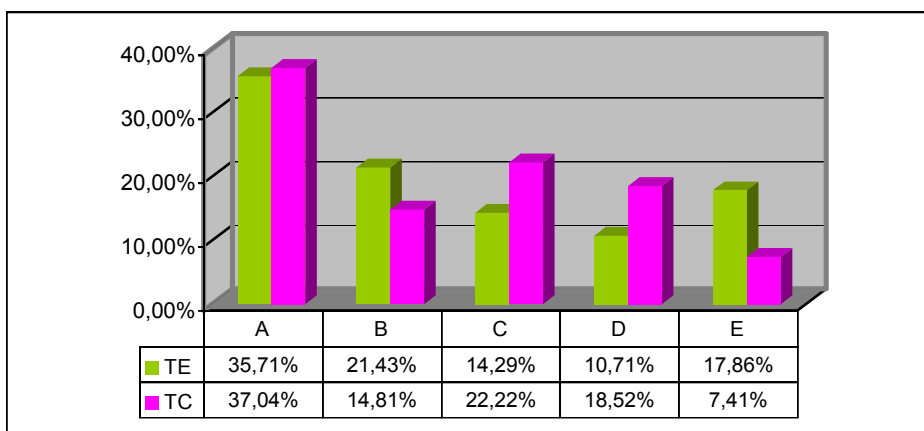


Gráfico 75 - Respostas à questão sobre os fenómenos sonoros, sonar e ecografia.

### Questão 13.1 – Características das ondas

Nesta rubrica foi solicitado aos alunos que a partir da observação dos diagramas, indicados na figura 47, que ilustram três ondas sonoras diferentes, que se propagam no mesmo meio e as quais foram obtidas no ecrã do osciloscópio, determinassem a amplitude, o período e a frequência dessas ondas.

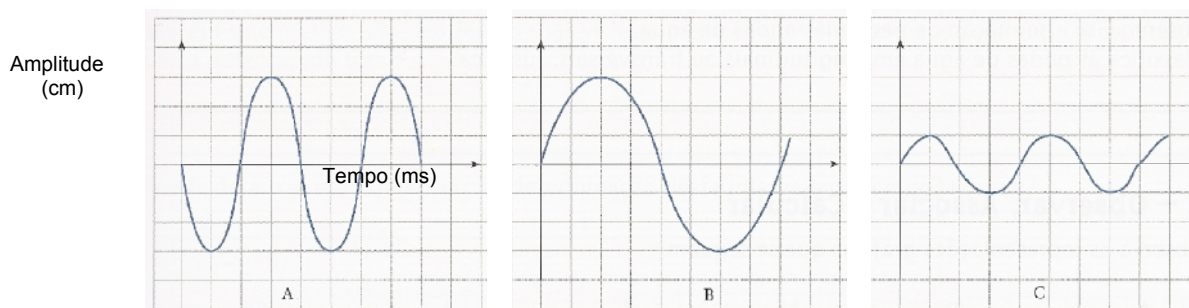


Figura 47 (figura 5 do pré-teste) - Diagramas de ondas sonoras.

A resposta foi assinalada numa das cinco opções fornecidas para o efeito e que a seguir se apresentam:

- A. 1 cm; 2 ms; 500 Hz.
- B. 1,5 cm; 3 ms; 333 Hz.
- C. 3 cm; 4 ms; 250 Hz.
- D. 4 cm; 3 ms; 333 Hz.
- E. 4 cm; 2 ms; 500 Hz.

Com as respostas dos alunos a esta questão construiu-se o quadro 73. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 73 - Respostas à questão sobre as características das ondas.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 10          | 35,71% | 2           | 7,41%  |
| B      | 6           | 21,43% | 8           | 29,63% |
| C      | 8           | 28,57% | 8           | 29,63% |
| D      | 3           | 10,71% | 5           | 18,52% |
| E      | 1           | 3,57%  | 4           | 14,81% |

Os resultados obtidos levam-nos a afirmar que a opção correcta, C, foi atingida pelo mesmo número de alunos nas duas turmas. Contudo, na TE o maior número de respostas 35,71%, recaíram na opção A (1 cm; 2 ms; 500 Hz), enquanto que para esta mesma opção apenas 7,41% dos alunos da TC a escolheram. Para esta última turma os alunos dividiram-se sobretudo entre as opções B (1,5 cm; 3 ms; 333 Hz) e C (3 cm; 4 ms; 250 Hz), ambas com a preferência de 29,63% de discentes.

O gráfico 76 ilustra as respostas dadas pelos alunos das duas turmas envolvidas no estudo.

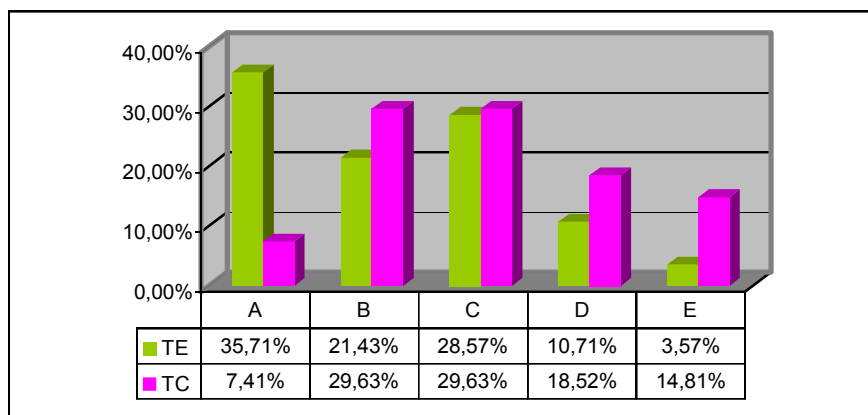


Gráfico 76- Respostas à questão sobre as características das ondas.

### Questão 13.2 – Comparação de características do som

Nesta pergunta os alunos teriam de classificar em verdadeiras ou falsas as afirmações referenciadas de A a D, a partir da informação recolhida dos diagramas de ondas sonoras apresentados anteriormente. O conteúdo dessas proposições é apresentado em seguida:

- A. O som produzido por A é mais intenso do que o produzido por C.
- B. O som produzido por A é mais grave do que o produzido por B.
- C. O som produzido por A é mais fraco do que o produzido por B.
- D. O som produzido por A é mais alto do que o produzido por C.

No quadro 74 encontram-se registados, para cada opção, os números de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheram, assim como as respectivas percentagens. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 74 - Respostas à questão sobre a comparação das características dos sons.

| Proposição/Valor lógico |   | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|-------------------------|---|-------------|--------|-------------|--------|
|                         |   | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A                       | V | 23          | 82,14% | 19          | 70,37% |
|                         | F | 5           | 17,86% | 8           | 29,63% |
| B                       | V | 9           | 32,14% | 11          | 40,74% |
|                         | F | 18          | 64,29% | 16          | 59,26% |
| C                       | V | 11          | 39,29% | 12          | 44,44% |
|                         | F | 17          | 60,71% | 15          | 55,56% |
| D                       | V | 24          | 85,71% | 17          | 62,96% |
|                         | F | 4           | 14,29% | 10          | 37,04% |

Nas proposições A (o som produzido por A é mais intenso do que o produzido por C), B (o som produzido por A é mais grave do que o produzido por B) e C (O som produzido por A é mais fraco do que o produzido por B), um número significativo de alunos nas duas turmas assinalaram correctamente o valor lógico da proposição.

Quanto à proposição D (o som produzido por A é mais alto do que o produzido por C), a maioria dos alunos das duas turmas atribuíram erradamente o valor lógico.

#### Questão 14 – Altura do som

Nesta questão os alunos teriam de pronunciar-se sobre o factor de que depende a altura do som. Para responderem a esta pergunta foram fornecidas as cinco opções que se descrevem a seguir:

- A. da frequência das ondas sonoras
- B. da amplitude das ondas sonoras.
- C. da energia das ondas sonoras.
- D. da velocidade das ondas sonoras.
- E. da intensidade das ondas sonoras.

No quadro 75 encontra-se registado, para cada opção, os números de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheu, assim como as respectivas percentagens. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 75 - Respostas à questão sobre a altura do som.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 4           | 14,29% | 6           | 22,22% |
| B      | 10          | 35,71% | 7           | 25,93% |
| C      | 5           | 17,86% | 2           | 7,41%  |
| D      | 3           | 10,71% | 6           | 22,22% |
| E      | 6           | 21,43% | 6           | 22,22% |

A opção mais escolhida pelos alunos de ambas as turmas, foi a B. O gráfico 77 ilustra as respostas dadas pelos alunos das duas turmas envolvidas no estudo.

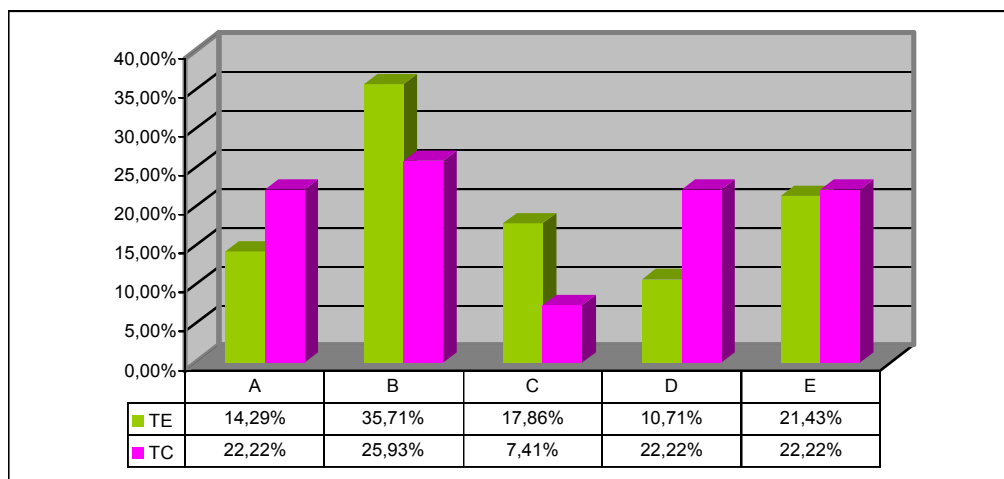


Gráfico 77- Respostas à questão sobre a altura do som.

#### Questão 15 – Timbre

Nesta questão era solicitado que, a partir da situação conversar com os amigos, os alunos identificassem a propriedade do som responsável por se conseguir distinguir a voz de cada um deles. Para responderem a este item eram dadas as opções que se descrevem a seguir:

- A. A altura.
- B. A intensidade.
- C. O timbre.
- D. A duração.

Com as respostas dos alunos a esta questão construiu-se o quadro 76. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 76 - Respostas à questão sobre o timbre.

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
| B      | 3           | 10,71% | 7           | 25,93% |
| C      | 25          | 89,29% | 19          | 70,37% |
| D      | 0           | 0,00%  | 1           | 3,70%  |



A análise do quadro permitiu concluir que a maior parte dos alunos das turmas experimental e de controlo responderam a opção C (*o timbre*), o que também pode ser confirmado pela análise do gráfico 78.

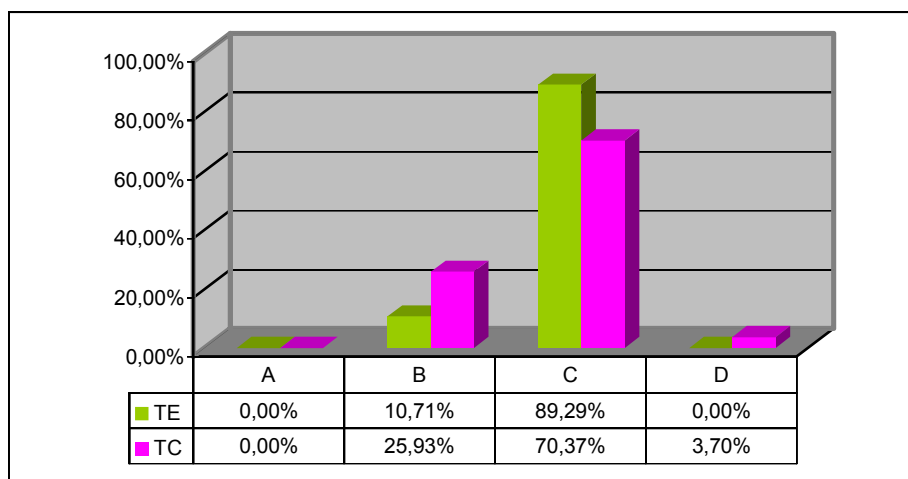


Gráfico 78- Respostas à questão sobre o timbre.

Contudo, alguns alunos das duas turmas escolheram a opção B (a intensidade) e apenas um aluno da TC a opção D (a duração).

#### Questão 16 – Ouvido humano

Nesta pergunta foi dado aos alunos uma figura referente a um esquema do ouvido humano. Os alunos teriam de associar a constituição do ouvido humano ao seu funcionamento.

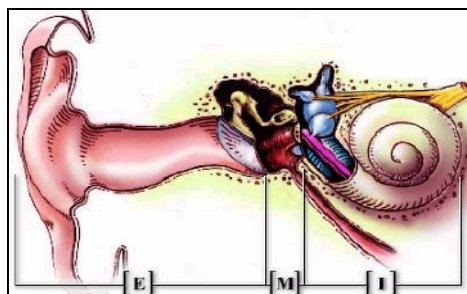


Figura 48 (figura 6 do pré-teste) - Ouvido humano

Para efectuarem essa ligação foram apresentadas duas colunas:

| Coluna 1                                         | Coluna 2                                                                         |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> A- O ouvido externo (E) | 1. amplifica as vibrações                                                        |
| <input type="checkbox"/> B- O ouvido médio (M)   | 2. capta as vibrações do ar                                                      |
| <input type="checkbox"/> C- O ouvido interno (I) | 3. transforma as vibrações em mensagens nervosas que são transmitidas ao cérebro |
|                                                  | 4. produz vibrações sonoras                                                      |

Com as respostas dadas pelos alunos a esta questão construiu-se o quadro 77.

Quadro 77 - Associações correctas (por aluno) estabelecidas na questão sobre o ouvido humano.

| Constituição do ouvido | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Ouvido externo         | 11          | 39,29% | 17          | 62,96% |
| Ouvido médio           | 3           | 10,71% | 11          | 40,74% |
| Ouvido interno         | 10          | 35,71% | 15          | 55,56% |

Os resultados obtidos com as turmas experimental e de controlo permitiram concluir que a parte do ouvido que melhor os alunos conseguem identificar é o ouvido externo, 39,29% e 62,96%, respectivamente.

Quanto à identificação do ouvido médio e do ouvido interno, as respostas levaram a pressupor que o conhecimento de uma turma é o contrário do conhecimento da outra, conforme mostram os dados quantitativos do quadro 77. Na TE apenas três alunos têm o conhecimento do ouvido médio, enquanto que na outra turma 11 alunos têm esse saber. No caso da informação acerca do ouvido interno, apenas 10 alunos da TE a possuem, ao invés da TC, onde um maior número de alunos a têm, concretamente 15 discentes.

O gráfico 79 ilustra as respostas dadas pelos alunos.

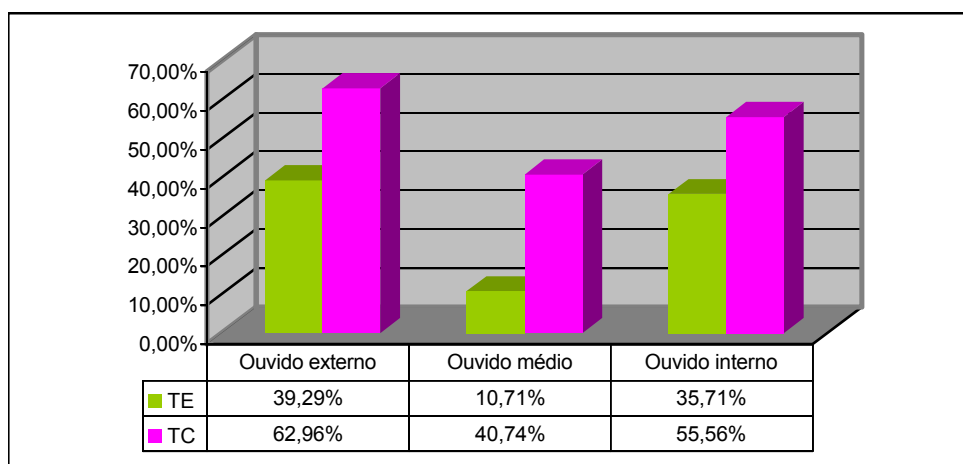


Gráfico 79- Respostas à questão 16 do pré-teste

Especificando a função do ouvido externo, do ouvido médio e do ouvido interno os alunos manifestaram-se do modo que é representado nos gráficos 80, 81 e 82.

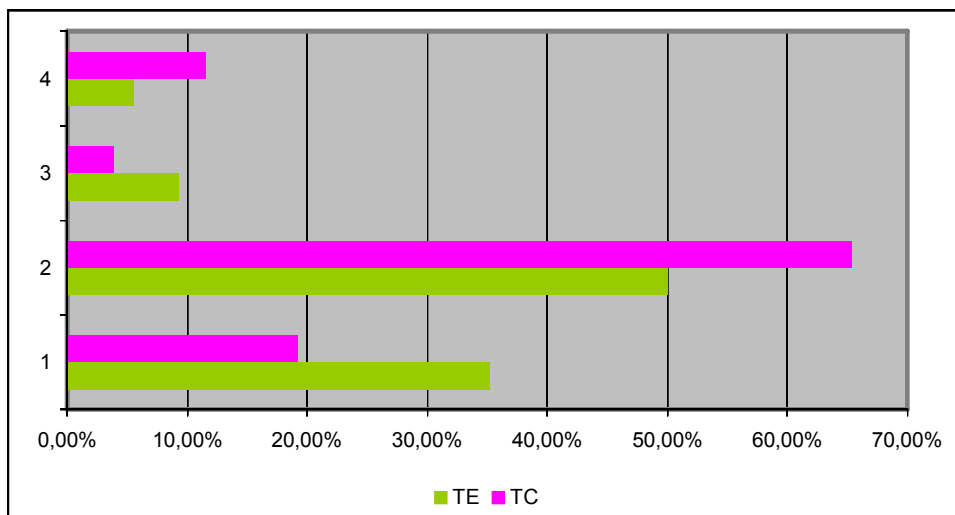


Gráfico 80- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido externo.

Sobre a função do ouvido externo pronunciaram-se 27 alunos da TE e 26 alunos da TC. Tanto numa como noutra turma a maior parte das respostas dadas pelos alunos foram na opção 2 (a correcta): “capta as vibrações do ar”. A segunda opção mais escolhida pelos alunos foi a 1: “amplifica as vibrações”.

Quanto à função do ouvido médio as respostas encontram-se expressas no gráfico 81. Responderam 27 alunos na TE e 23 alunos na TC.

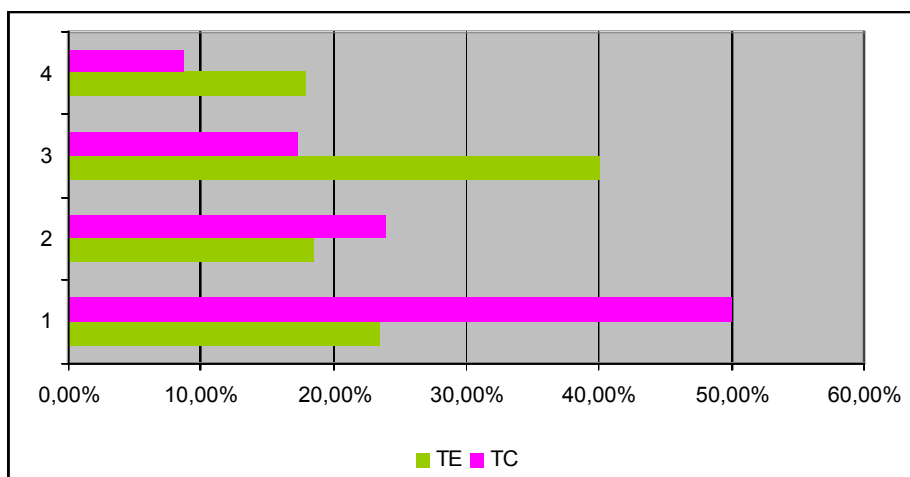


Gráfico 81- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido médio.

Na TE a opção mais escolhida pelos alunos da TE foi a 3 (“transforma as vibrações em mensagens nervosas que são transmitidas ao cérebro”), enquanto que na TC as respostas incidiram na opção correcta 1 (amplifica as vibrações).

Quanto à função do ouvido interno, as respostas dadas pelos alunos das turmas experimental e de controlo estão traduzidas no gráfico 82.

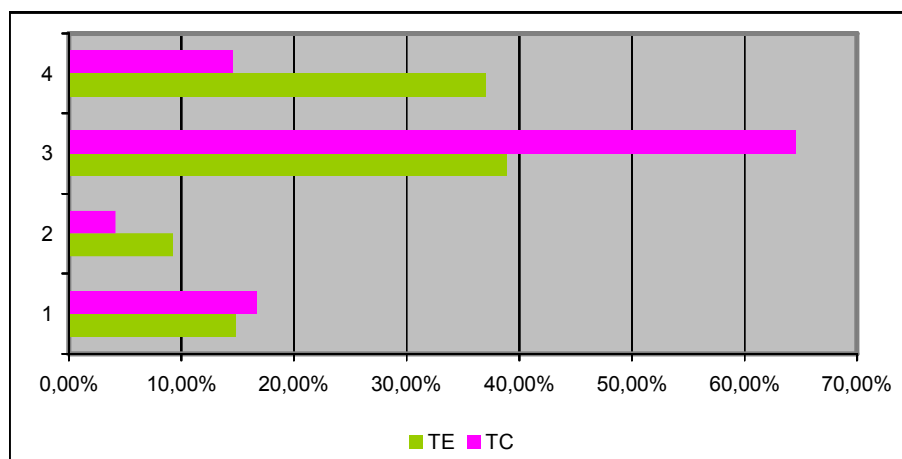


Gráfico 82- Respostas dos alunos sobre a função do ouvido interno.

Na TE responderam 27 alunos, enquanto que na TC pronunciaram-se 24 alunos. Das respostas dos alunos respondentes verificou-se que nas duas turmas a maior percentagem ocorreu na opção 3 (“transforma as vibrações em mensagens nervosas que são transmitidas ao cérebro”), que era a opção correcta. Por outro lado, observou-se que na TE a percentagem das respostas dos alunos na opção 3 (“transforma as vibrações em mensagens nervosas que são transmitidas ao cérebro”) foi muito próxima da opção 4 (produz vibrações sonoras).

#### Questão 17.1 – Sons audíveis e sons não audíveis

Nesta pergunta foram fornecidas diversas frequências de ondas referentes a sons, identificadas pelas letras A. 12000 Hz; B. 120 Hz; C. 1600 Hz; D. 45000 Hz; E. 10 Hz; F. 15

Hz e G. 25 Hz. Os alunos teriam de identificar as frequências referentes a ultra-sons (I); as que dizem respeito a sons audíveis pelo ser humano (II); as referentes a infra-sons (III).

Os resultados obtidos nesta questão encontram-se indicados no quadro seguinte.

Quadro 78 - Respostas à questão sobre sons audíveis e sons não audíveis.

| Completamento |                     | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|---------------|---------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|               |                     | Nº          | %      | Nº          | %      |
| I             | Totalmente correcto | 3           | 10,71% | 3           | 11,11% |
|               | Incorrecto          | 23          | 82,14% | 16          | 59,26% |
|               | Não responde        | 2           | 7,14%  | 8           | 29,63% |
| II            | Totalmente correcto | 0           | 0,00%  | 0           | 0,00%  |
|               | Incorrecto          | 26          | 92,86% | 22          | 81,48% |
|               | Não responde        | 2           | 7,14%  | 5           | 18,52% |
| III           | Totalmente correcto | 4           | 14,29% | 2           | 7,41%  |
|               | Incorrecto          | 22          | 78,57% | 17          | 62,96% |
|               | Não responde        | 2           | 7,14%  | 8           | 29,63% |

Nas duas turmas os alunos revelaram bastantes dificuldades em responder a esta questão. Concretamente, nas turmas experimental e de controlo, a maioria dos alunos não conseguiram identificar, respectivamente, os ultra-sons (I), 82,14%, 59,26%; os sons audíveis (II) 92,86, 81,48% e os infra-sons (III), 78,57% e 62,96%. Por outro lado, em cada item desta questão (I, II, III) existem nas duas turmas alunos que não responderam à questão, com maior predominância na TC.

O gráfico 83 compara os resultados da turma experimental e da turma de controlo para esta questão.

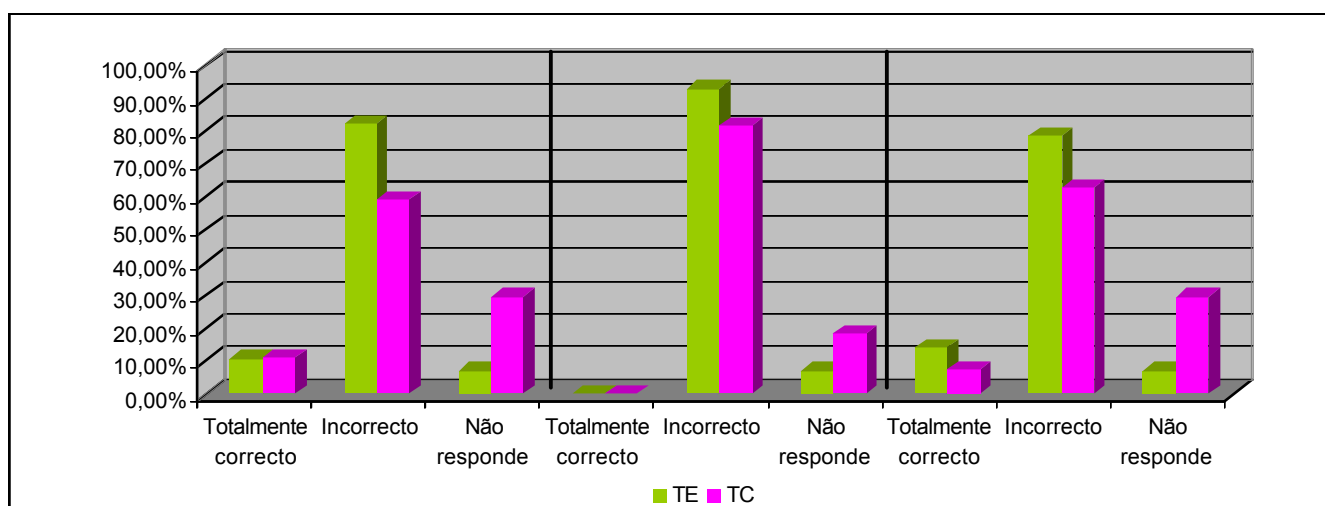


Gráfico 83- Respostas à questão sobre sons audíveis e sons não audíveis.

### **Questão 17.2 – Som mais grave de entre os sons audíveis**

Nesta questão os alunos teriam de seleccionar de entre as frequências indicadas na alínea anterior, qual a que pode traduzir o som mais grave, para um homem que não apresente deficiências auditivas e dentro da gama dos sons audíveis.

Os alunos responderam segundo o indicado no quadro 79. O fundo amarelo na resposta assinala-a como correcta.

Quadro 79 - Respostas à questão sobre o som mais grave de entre sons audíveis.

| Respostas    | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------------|-------------|--------|-------------|--------|
|              | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A            | 1           | 3,57%  | 5           | 18,52% |
| B            | 6           | 21,43% | 5           | 18,52% |
| C            | 4           | 14,29% | 2           | 7,41%  |
| D            | 6           | 21,43% | 2           | 7,41%  |
| E            | 5           | 17,86% | 1           | 3,70%  |
| F            | 0           | 0,00%  | 1           | 3,70%  |
| G            | 2           | 7,14%  | 6           | 22,22% |
| Não responde | 4           | 14,29% | 5           | 18,52% |

Para a maioria dos alunos da TE, o som mais grave é aquele que corresponde a uma frequência de onda identificada pela letra B (120 Hz) e pela letra D (45000 Hz), enquanto que para os da TC o som mais grave é o que diz respeito a uma frequência de onda G (25 Hz).

A letra B (120 Hz) é aquela que é escolhida, sensivelmente, pelo mesmo número de alunos das duas turmas, 21,43% e 18,52%. Por outro lado, também o número de alunos que não respondem a esta questão é semelhante nas turmas experimental e de controlo.

Estas conclusões podem ser confirmadas pelo gráfico 84.

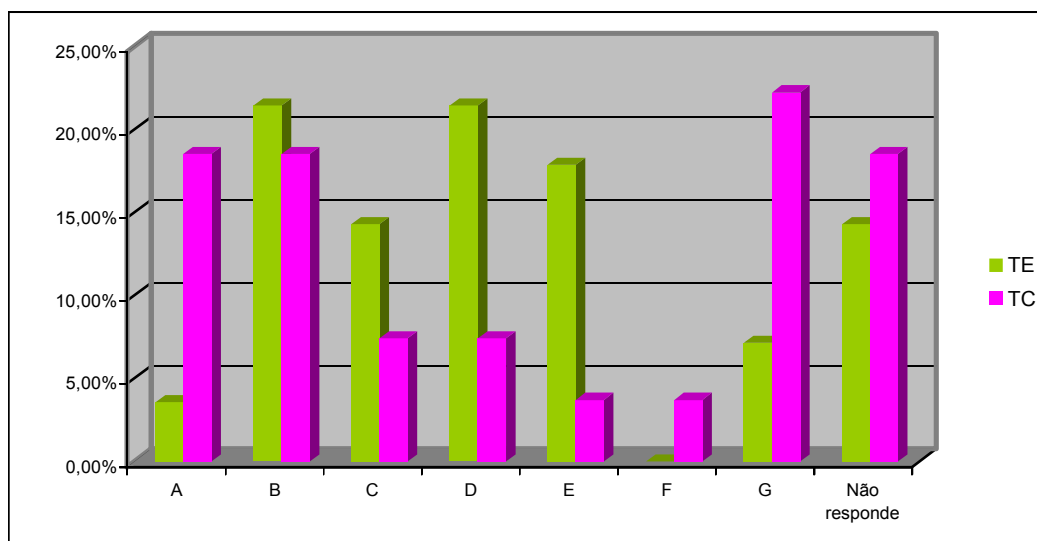


Gráfico 84- Respostas à questão sobre o som mais grave dentro dos sons audíveis.

### Questão 18.1 – Audiogramas

Nesta questão foi dado aos alunos esboços de dois audiogramas referentes a diferentes pessoas (figura 49).

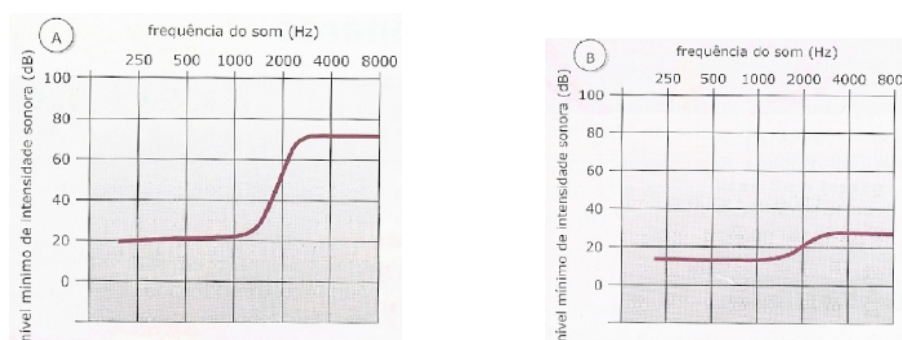


Figura 49 (figura 7 do pré-teste) - Audiogramas

Os alunos teriam de identificar o nível de intensidade sonora da pessoa a que correspondia o audiograma representado pela letra A.

Os discentes responderam de acordo com o assinalado no quadro 80.

Quadro 80 - Respostas à questão sobre audiogramas.

| Nível mínimo de intensidade sonora | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|------------------------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                                    | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Correcto                           | 14          | 50,00% | 10          | 37,04% |
| Incorrecto                         | 7           | 25,00% | 8           | 29,63% |
| Não responde                       | 7           | 25,00% | 9           | 33,33% |

Estes resultados mostram que um grande número de alunos, tanto na TE como na TC, foram capazes de interpretar correctamente o audiograma. Por outro lado, constatou-se que houve alunos que não responderam, 25% dos alunos na TE, 33,33% na TC.

Os resultados obtidos nas duas turmas, encontram-se registados no gráfico seguinte.

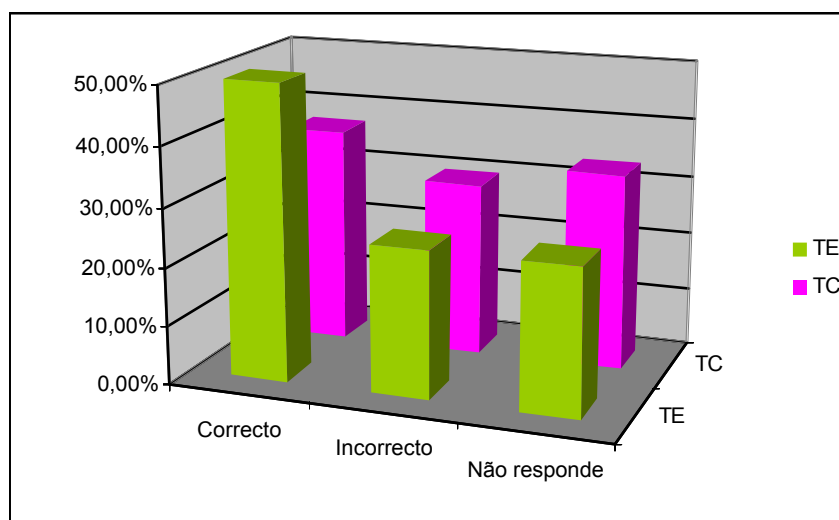


Gráfico 85 - Respostas à questão 18.1 do pré-teste

#### Questão 18.2 – Audição de sons

A partir da interpretação do audiograma A, os alunos teriam de relacionar a frequência com o nível de intensidade sonora.

Os resultados obtidos pelos estudantes são apresentados no quadro 81. O fundo amarelo na resposta assinala-a como correcta.

Quadro 81 - Respostas à questão 18.2 do pré-teste

| Resposta     | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------------|-------------|--------|-------------|--------|
|              | Nº          | %      | Nº          | %      |
| Não          | 14          | 50,00% | 3           | 11,11% |
| Sim          | 7           | 25,00% | 12          | 44,44% |
| Não responde | 7           | 25,00% | 12          | 44,44% |

A maior parte das respostas dadas pelos alunos da TE centraram-se na resposta correcta, enquanto que, na TC, apenas 3 alunos conseguiram responder correctamente.

Os resultados obtidos nas duas turmas encontram-se registados no gráfico 86.



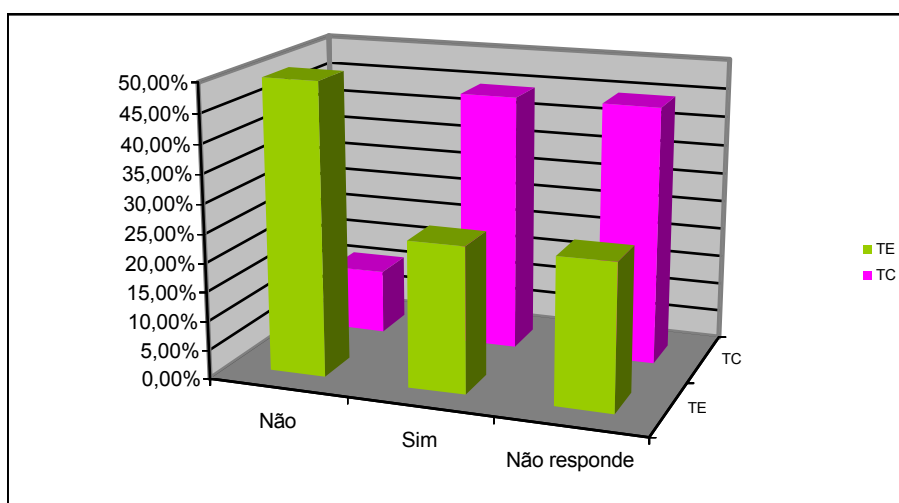


Gráfico 86 - Respostas à questão 18.2 do pré-teste

### Questão 18.3 – Comparação de audiogramas

Nesta pergunta os alunos tinham de seleccionar o audiograma A ou B que melhor traduzisse a capacidade auditiva de uma pessoa. Os resultados obtidos encontram-se no quadro 82.

Quadro 82 - Respostas à questão sobre a comparação de audiogramas.

|                | TE (N=28) |        | TC (N=27) |        |
|----------------|-----------|--------|-----------|--------|
|                | Nº        | %      | Nº        | %      |
| Seleção certa  | 5         | 17,86% | 8         | 29,63% |
| Seleção errada | 14        | 50,00% | 10        | 37,04% |
| Não responde   | 9         | 32,14% | 9         | 33,33% |

Assim na TE apenas 5 alunos (17,86%) seleccionaram correctamente o audiograma, enquanto que na TC o fizeram 8 alunos (29,63%). Seleccionaram o audiograma incorrecto na turma experimental 14 alunos (50%) e na turma de controlo 10 alunos (37,04%). Não responderam à questão 9 alunos da TE e 9 alunos da TC.

Os resultados do quadro 82 foram traduzidos pelo gráfico 87.

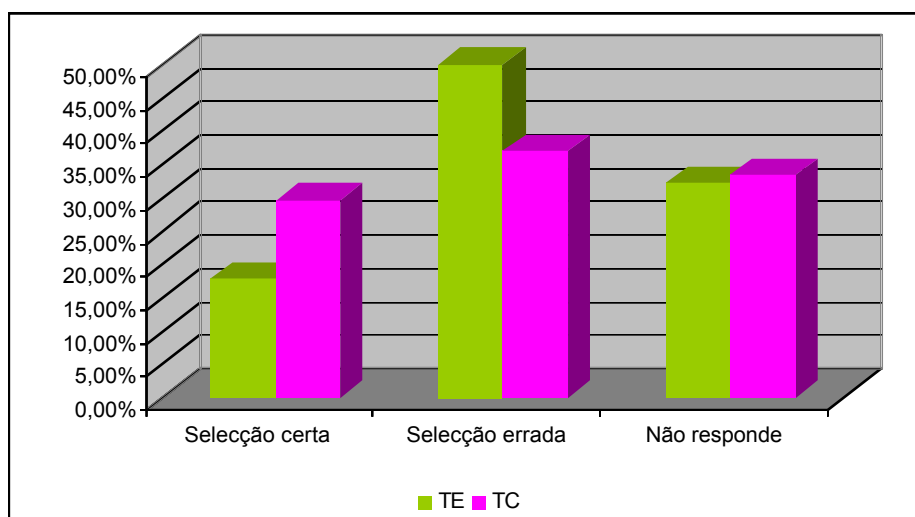


Gráfico 87 - Respostas à questão 18.3 do pré-teste

Dos alunos das duas turmas que seleccionaram correctamente o audiograma, todos deram justificações totalmente erradas/ou não justificaram.

Os alunos da TE que seleccionaram a letra A (selecção errada) apresentaram as seguintes justificações:

- “consegue ouvir uma frequência de som mais elevada até 70 dB”;
- “o gráfico mostra isso”;
- “tem um máximo de intensidade sonora de 70 dB enquanto a pessoa B tem de apenas 25 dB”;
- “tem 20 dB e 86 dB”;
- “consegue ouvir muito melhor”;
- “tem uma frequência de som mais elevada”;
- “consegue ouvir melhor sons mais altos e agudos, já a pessoa B só consegue ouvir sons baixos e graves”;
- “suporta mais dB”;
- “consegue ouvir melhor os sons”;
- “consegue ouvir melhor”;
- “tem o número de Hz maior”;
- “consegue ouvir sons com maiores frequências”;
- “no diagrama a frequência de A é maior que em B”;
- “consegue ouvir uma frequência de som mais alta”.

Os alunos da TE que seleccionaram a letra B (selecção correcta) apresentaram as seguintes justificações:

- “tem menos frequência de som”;
- “consegue ouvir um som com intensidade mínima de 17 dB”;
- “a linha B é mais pequena”;
- “tem a frequência e a intensidade regulada, não estando tudo alterado”;
- “tem menos capacidade sonora e ao não aguentar tanto som permite ouvir os sons mais baixos”.

Relativamente à TC, a maior parte dos alunos apenas indicava a letra, não justificando a resposta. Os que a justificavam faziam-no do seguinte modo:

- “é a pessoa A porque tem um maior nível sonoro”;
- “é a pessoa A porque tem maior frequência do som que o B”;
- “é a pessoa A porque ouve mais alto”;
- “é a pessoa A porque tem um gráfico com linhas mais elevadas”;
- “é a pessoa B porque consegue ouvir sons mais baixos”;
- “é a pessoa B porque parece que o A faz muito mal aos ouvidos”.

Em síntese podemos depreender que a escolha dos alunos poderá ter sido algo aleatória uma vez que nenhum conseguiu explicar correctamente a opção escolhida.

### Questão 19 – Exposição a ruídos

Nesta questão os alunos teriam de indicar a partir de um conjunto de frases, referenciadas de A a E, qual a que traduz os efeitos na saúde humana, da exposição a ruídos:

- A. Dor de barriga, dor de cabeça, aumento da tensão nervosa.
- B. Surdez total ou parcial, aumento de tensão nervosa, insónia.
- C. Aumento da frequência cardíaca, gastrite, dor de dentes
- D. Alergia, dor de garganta, dificuldade em dormir.
- E. Irritabilidade, surdez parcial, dor de barriga.

No quadro 83 encontra-se registado, para cada opção, o número de alunos que, nas turmas experimental e de controlo, a escolheram, assim como a respectiva percentagem. O fundo amarelo na opção assinala-a como correcta.

Quadro 83 - Respostas à questão sobre a exposição a ruídos

| Opções | TE (N = 28) |        | TC (N = 27) |        |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|        | Nº          | %      | Nº          | %      |
| A      | 3           | 10,71% | 3           | 11,11% |
| B      | 16          | 57,14% | 16          | 59,26% |
| C      | 2           | 7,14%  | 2           | 7,41%  |
| D      | 5           | 17,86% | 4           | 14,81% |
| E      | 2           | 7,14%  | 2           | 7,41%  |

A opção escolhida pela maioria dos alunos das duas turmas é a B.

O gráfico 88 apresenta os resultados obtidos nas turmas experimental e de controlo.

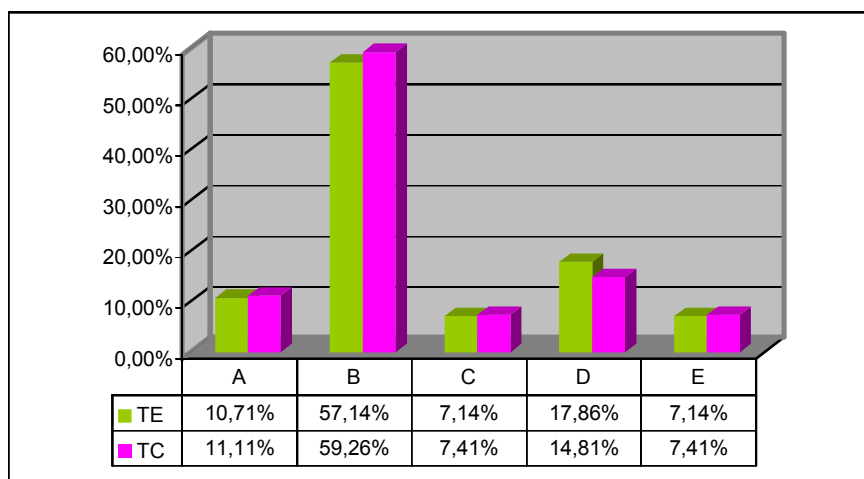


Gráfico 88 - Respostas à questão sobre a exposição a ruídos.

Da análise do gráfico verifica-se uma semelhança nas respostas obtidas dos alunos das duas turmas, nas diversas opções de resposta, excepto na opção D (alergia, dor de garganta, dificuldade em dormir) onde é evidente uma maior percentagem obtida na TE.

### 7.3.2 Análise quantitativa global dos resultados

A cotação atribuída a cada questão do pré-teste está indicada no quadro 84. A mesma foi elaborada a partir da informação recolhida na matriz de objectivos gerais-conteúdos elaborada para o pré-teste.

Quadro 84- Questões do pré-teste e respectivas cotações.

| Questão | Cotação (em pontos) |
|---------|---------------------|
| 1       | 3                   |
| 2.1     | 3                   |
| 2.2     | 3                   |
| 3       | 3                   |
| 4       | 5                   |
| 5       | 4                   |
| 6.1     | 3                   |
| 6.2     | 5                   |
| 7.1     | 5                   |
| 7.2     | 6                   |
| 8       | 5                   |
| 9       | 2,5                 |
| 10      | 2,5                 |
| 11      | 5                   |
| 12      | 3                   |
| 13.1    | 6                   |
| 13.2    | 4                   |
| 14      | 3                   |
| 15      | 3                   |
| 16      | 3                   |
| 17.1    | 3                   |
| 17.2    | 3                   |
| 18.1    | 5                   |
| 18.2    | 3                   |
| 18.3    | 6                   |
| 19      | 3                   |
| Total   | 26                  |
|         | 100                 |

As respostas que nos serviram de guia para a classificação encontram-se indicadas no anexo II (p. 1005). Estas vão ao encontro das concepções defendidas pela comunidade científica, atendendo ao nível de escolaridade dos alunos.

Nas questões fechadas a cotação total a atribuir é apenas feita se a resposta está totalmente correcta e no caso de existirem subquestões a cotação é distribuída uniformemente. Nas questões abertas, a cotação da pergunta foi distribuída consoante a qualidade das respostas.

Assim, na questão 1.1, referente à descrição do som, a cotação máxima atribuída é de três pontos. A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estimada tendo em conta a seguinte chave:

Quadro 85 – Avaliação do tipo de respostas à questão 1.1 do pré-teste.

| Resposta                                       | Pontos |
|------------------------------------------------|--------|
| Resposta certa e completa                      | 3      |
| Resposta certa mas incompleta                  | 2      |
| Resposta parcialmente certa/Justificação pobre | 1      |
| Resposta totalmente errada/Não responde        | 0      |

O tipo de respostas dadas pelos alunos que foram incluídas em cada um dos itens da chave anterior foram indicadas nas páginas 580 a 582, quando da análise qualitativa desta questão.

Para a questão 2.1 a cotação de três pontos foi dividida em três partes iguais, cada uma de 1 ponto correspondente a cada instrumento musical.

A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estabelecida para cada instrumento musical do seguinte modo:

- se o aluno indicasse a totalidade das letras correspondente a cada instrumento musical, teria a máxima cotação (1 ponto por cada instrumento musical);
- se o aluno indicasse apenas algumas letras e essas estivessem correctas, nesse caso a cotação seria distribuída equitativamente pelo número de letras indicadas;
- se o aluno indicasse todas as letras correctas da questão e acrescentasse mais algumas, que tornavam a resposta globalmente errada; ou se referisse as letras correspondentes aos instrumentos musicais e existissem letras correctas e letras erradas, neste caso a cotação seria de zero pontos.

Para a questão 2.2 a cotação de três pontos foi dividida em três partes iguais, cada uma correspondendo a cada um dos instrumentos musicais. Na avaliação das respostas tivemos em consideração se o aluno mantinha ou não as mesmas letras nos instrumentos musicais indicados na questão anterior. Só eram valorizadas as respostas em que essa sequencialidade se mantivesse. Os restantes critérios seguidos são semelhantes aos da questão anterior. A cotação máxima apenas foi atribuída às respostas em que os alunos indicavam totalmente as letras correspondente a cada um dos princípios de funcionamento do instrumento musical.

A cotação da 3ª questão, 3 pontos, foi dividida equitativamente por cada uma das fontes sonoras identificadas correctamente. A cada uma correspondeu a cotação de 0,5 pontos.

À questão 4, referente à explicação do que é uma onda, foi atribuída a cotação máxima de cinco pontos. A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estimada tendo em conta a seguinte chave:

Quadro 86 – Avaliação do tipo de respostas à questão 4 do pré-teste.

| Resposta                                       | Pontos |
|------------------------------------------------|--------|
| Resposta certa e completa                      | 5      |
| Resposta certa mas incompleta                  | 3      |
| Resposta parcialmente certa/Justificação pobre | 1      |
| Resposta totalmente errada/Não responde        | 0      |

O tipo de respostas dadas pelos alunos que foram incluídas em cada um dos itens da chave anterior foram indicadas nas páginas 589-592.

A cotação da 5ª questão, 4 pontos, foi dividida equitativamente por cada uma das frases, pertencente a cada uma cotação de 0,5 pontos.

Na questão 6.1 referente à explicação do fenómeno observável num dia de trovoadas a cotação máxima atribuída é de três pontos. A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estimada tendo em conta a seguinte chave:

Quadro 87 – Avaliação do tipo de respostas à questão 6.1 do pré-teste.

| Resposta                                       | Pontos |
|------------------------------------------------|--------|
| Resposta certa e completa                      | 3      |
| Resposta certa mas incompleta                  | 2      |
| Resposta parcialmente certa/Justificação pobre | 1      |
| Resposta totalmente errada/Não responde        | 0      |

O tipo de respostas dadas pelos alunos que foram incluídas em cada um dos itens da chave anterior foi indicado nas páginas nas páginas 595-598.

As questões 6.2 e 7.1 tinham cada uma a cotação de 5 pontos que apenas foi atribuída no caso da respectiva resposta estar totalmente correcta.

À questão 7.2 a cotação atribuída foi de 6 pontos. A cotação efectiva obtida pelos alunos das duas turmas foi de zero pontos, uma vez que nenhum aluno deu uma resposta aceitável que pudesse ser quantificável.

As questões 8, 9, 10, 11, 12, 13.1, 13.2, 14 e 15, tinham cada uma a cotação de 5, 2.5, 2.5, 5, 3, 6, 4, 3 e 3 pontos, valores que apenas foram atribuídos no caso das respectivas respostas estarem totalmente correcta.

Para a questão 16 a cotação de 3 pontos foi dividida em três partes iguais, cada uma de 1 ponto correspondente ao ouvido externo (E), ao ouvido médio (M) e ao ouvido interno (I). A

cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estabelecida para cada letra, E, M e I segundo o critério de classificação utilizado na questão 2.

Para a questão 17.1 a cotação de 3 pontos foi dividida em três partes iguais, cada uma correspondendo a uma afirmação relacionada com a frequência. A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estabelecida para cada afirmação segundo o critério de classificação utilizado na questão 2.

As questões 17.2, 18.1 e 18.2 tinham cada uma a cotação de 3, 5 e 3 pontos, valor que apenas foi atribuído no caso da respectiva resposta estar totalmente correcta.

Na questão 18.3 a cotação da questão é de 6 pontos. A cotação efectiva obtida por um dado aluno foi estimada tendo em conta a seguinte chave:

- selecção da letra correcta: 3 pontos;
- selecção da letra incorrecta: 0 pontos.

Quanto à cotação atribuída à justificação dada pelo aluno que seleccionou a letra correcta, esta foi subdividida segundo o expresso no quadro 88:

Quadro 88 – Avaliação das justificações das respostas dadas à questão 18.3 do pré-teste.

| Justificação                                       | Pontos |
|----------------------------------------------------|--------|
| Justificação certa e completa                      | 3      |
| Justificação certa mas incompleta                  | 2      |
| Justificação parcialmente certa/justificação pobre | 1      |
| Justificação totalmente errada/Não justifica       | 0      |

As classificações obtidas na turma experimental e na turma de controlo encontram-se expressas nos quadros 89 e 90 da página seguinte.



Quadro 89 – Classificações obtidas no pré-teste na turma experimental.

Quadro 90 – Classificações obtidas no pré-teste na turma de controlo.

No gráfico 89 encontra-se a representação desses resultados finais, dispostos por ordem crescente, referentes às duas turmas.

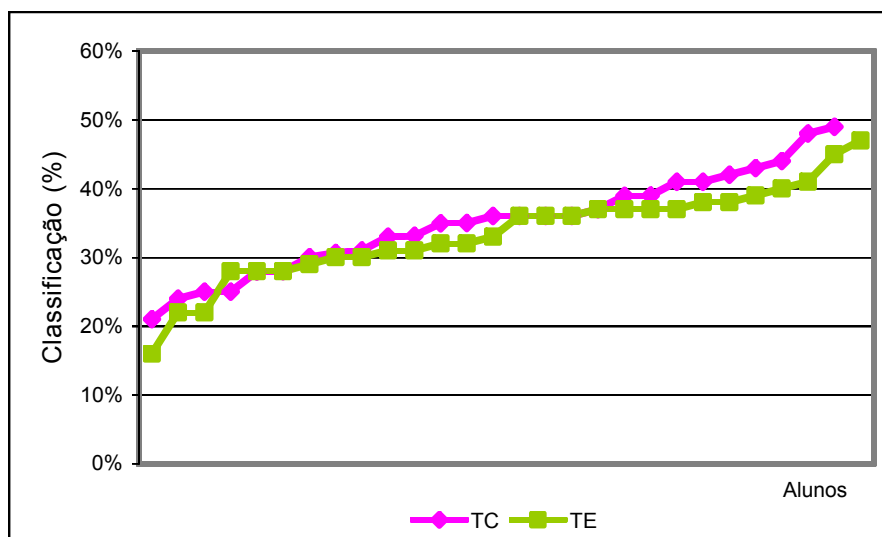


Gráfico 89 - Ordem crescente das classificações obtidas pelos alunos da TE e da TC nas questões do pré-teste.

Pela observação do gráfico 88 constata-se que os resultados obtidos no pré-teste, são semelhantes, sendo as médias das classificações finais de 33%, na turma experimental e de 34% na turma de controlo.

### 7.3.3 Conclusão

Da análise feita, item a item, dos resultados obtidos nas turmas experimental e de controlo, pode concluir-se que:

- ▶ os alunos nas duas turmas evidenciam, em média, conhecimentos idênticos e apresentam concepções semelhantes sobre conceitos relacionados com a Acústica;
- ▶ as concepções prévias que os alunos possuem são, de um modo geral, semelhantes às encontradas nos estudos de investigação realizados sobre a temática do som. Como exemplos, apresentamos as relativas à produção do som e à propagação do som, indicadas no quadro 91.

Quadro 91 – Principais concepções e dificuldades identificadas nos alunos das turmas experimental e de controlo.

| Temática do som   | Principais concepções identificadas nos alunos das TE e TC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produção do som   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O som surge, sobretudo, associado a vibrações, a corpos em movimento, a audição, a instrumentos musicais, à materialidade, a ruídos e à voz de seres vivos</li> <li>• A produção do som está associada à acção dos sujeitos que provocam a situação.</li> <li>• A produção do som restringe-se à vibração da fonte (perceptível), que produziu o som.</li> </ul>                                                                                                              |
| Propagação do som | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A onda forma-se quando dois objectos embatem um no outro.</li> <li>• A onda tem forma circular.</li> <li>• A onda é um conjunto de vibrações.</li> <li>• A onda é o movimento da água do mar.</li> <li>• O som viaja mais rapidamente no ar do que nos líquidos ou nos sólidos.</li> <li>• O som viaja mais rapidamente nos líquidos do que nos sólidos.</li> <li>• O som viaja no vazio.</li> <li>• A velocidade de propagação do som não depende da temperatura.</li> </ul> |

Relativamente aos outros subtemas da Acústica, fenómenos sonoros, propriedades do som e audição de sons, os alunos das duas turmas revelaram dificuldades em responder, o que foi notório na qualidade das respostas apresentadas.

Estas dificuldades irão ser confirmadas quando da análise dos mapas conceptuais que os alunos fizeram antes da leccionação da Acústica.

#### 7.4 Análise dos resultados do pós-teste

A análise comparativa dos resultados do pós-teste nas duas turmas envolvidas nesta investigação, a turma experimental (TE) e a de controlo (TC), teve como objectivo avaliar a eficácia da estratégia utilizada na turma experimental – estratégia construtivista.

Esta análise irá ser descritiva, ajuizando em que medida ocorreu ou não um enriquecimento nos conceitos de Acústica em alunos de duas turmas submetidos a estratégias diferentes. A descrição irá ser feita em dois moldes diferentes. Uma terá um carácter qualitativo e outra será de carácter dito quantitativo. Este último diz respeito às notas atribuídas, segundo um modelo de resposta e guia de classificação.