

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**CONTRIBUTOS PARA A CONSTRUÇÃO DO  
CONHECIMENTO DO FUTURO PROFESSOR DE BIOLOGIA**  
*UM ESTUDO NO ÂMBITO DA  
NUTRIÇÃO E RESPIRAÇÃO DAS PLANTAS*

MARIA HELENA RIJO CAROLA

ÉVORA

2002

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

CONTRIBUTOS PARA A CONSTRUÇÃO DO  
CONHECIMENTO DO FUTURO PROFESSOR DE BIOLOGIA  
*UM ESTUDO NO ÂMBITO DA  
NUTRIÇÃO E RESPIRAÇÃO DAS PLANTAS*

MARIA HELENA RIJO CAROLA

Dissertação Apresentada à Universidade de Évora para Obtenção do Grau de Mestre  
em Educação, Variante de Metodologia do Ensino das Ciências: Biologia

*"Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri"*

sob orientação do

PROFESSOR DOUTOR ANTÓNIO JOSÉ DOS SANTOS NETO

142575

Évora

2002

## AGRADECIMENTOS

O trabalho que empreendemos e agora concluimos constituiu uma valiosa empreitada de enriquecimento pessoal. Pensamos que não teria por certo sido edificado sem a preciosa colaboração de diversas pessoas amigas e instituições de cujos saberes, competências e um efectivo apoio pudemos beneficiar.

Cabe-nos, contudo, agradecer aqui, muito particularmente:

- Ao Professor Doutor António Neto, pela excelente forma com que sempre orientou o nosso trabalho. Por todos os caminhos que nos abriu. Pelas metas que nos apontou. Pela coragem e confiança que nos transmitiu no caminhar. Pela amizade e excepcional humanismo com que sempre nos acolheu.
- Ao Director do nosso curso de Mestrado, Professor Doutor Vítor Trindade pelos saberes que nos transmitiu, pelo manifesto apoio que nos deu no sentido de realizar e concluir este trabalho, pelos conselhos amigos e pelo humanismo com que sempre atendeu as nossas solicitações.
- A todos os docentes do nosso curso de Mestrado pelos conhecimentos que nos transmitiram, imprescindíveis à realização deste trabalho.
- Ao Professor Doutor Luiz Carlos Gazarini, pela ajuda que nos prestou na definição e actualização dos conceitos científicos relativos aos temas tratados na nossa pesquisa, bem como pela motivação que sempre nos transmitiu no sentido de realizarmos e concluirmos a nossa investigação.

- Às Mestres Margarida Vaz, Marília Cid e Hermínia Pedro, pelo apoio que nos proporcionaram, em especial no que se refere a sugestões para a concepção do questionário utilizado na investigação.
- Ao Dr. Manuel Borrões por nos ter ajudado e aberto o mundo da análise de dados em Ciências da Educação.
- À Universidade de Évora, especialmente aos Departamentos de Pedagogia e Educação e de Biologia, pelas facilidades concedidas na utilização de espaços e materiais.
- Aos alunos do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora que, no ano lectivo de 1997/1998, frequentavam os 1º e 4º anos, bem como aos professores estagiários que realizaram o seu estágio pedagógico no mesmo ano lectivo, pela colaboração prestada ao terem respondido ao questionário e participado efectivamente na investigação realizada.
- Aos órgãos de gestão e aos orientadores pedagógicos das escolas onde funcionaram núcleos de estágio do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora, no ano lectivo de 1997/98, pela colaboração que nos prestaram no sentido de promover a aplicação do questionário.
- A todos os colegas do nosso curso de Mestrado, pela amizade, companheirismo e troca de saberes que nos proporcionaram.
- Ao António José pelo tanto que pensou, disse e fez no sentido de sempre me ajudar a prosseguir e concluir este meu trabalho.

- À minha família, especialmente aos meus pais, João Francisco e Maria Bárbara, ao meu irmão Dino e à Ana Isabel, pela compreensão, apoio e ajuda efectiva que sempre me dispensaram, no sentido de realizar e concluir este trabalho.
- A todos os demais amigos que não esqueço e que, de uma forma ou de outra, contribuíram das mais diversas formas para que o presente trabalho pudesse ser concretizado.

Ao pequenino José Miguel,  
meu filho.

## RESUMO

Resultados de muitos anos de investigação indicam que a maioria dos indivíduos possui ideias pessoais e muito persistentes acerca de uma variedade de tópicos, que genericamente se poderão designar por *concepções alternativas*, em oposição a uma série de noções e ideias veiculadas pela escola, as chamadas *concepções científicas*.

A linha de investigação sobre *concepções alternativas* continua a ter por objectivo estudar não só as *concepções alternativas* dos alunos, mas também as evidenciadas por projectos curriculares, por livros e por professores, sendo, para além do que acontece noutras áreas de ciências, já considerável o número de estudos dedicados a diversos tópicos biológicos.

Decidimos, nesse sentido, e numa área ainda não muito explorada em Portugal, investigar as *concepções científicas e alternativas* que pudessem manifestar alunos do ensino superior e professores iniciantes/estagiários. Para tal, seleccionámos dois temas consensualmente considerados de difícil abordagem em qualquer grau de ensino: *a Nutrição e a Respiração das Plantas*.

A investigação traduziu-se também numa *actividade reflexiva* promovida junto de professores estagiários, tornando possível compreender até que ponto a reflexão-na-acção, a reflexão sobre-a-acção e a reflexão sobre a reflexão-na-acção se podem traduzir num *conhecimento pedagógico dos conteúdos específicos* do futuro professor de Biologia, mais efectivo e promotor do seu desenvolvimento enquanto construção de um conhecimento pessoal e profissional.

Da análise dos dados obtidos, foi possível concluir que, de um modo geral, as *concepções científicas e alternativas* evidenciadas nos grupos investigados pareciam ser diferentes nalguns casos, mas bastante idênticas noutros. Mais do que as diferenças, parece-nos ser de relevar os traços comuns entre as *concepções alternativas* identificadas, sendo disso exemplo a sua natureza eminentemente pessoal, o seu carácter observável, o seu carácter particular, a sua origem na tendência dos investigados

transitarem de uns significados para outros por formas difíceis de entender, a sua natureza antropomórfica e ainda a sua coerência interna e persistência.

Os resultados a que chegámos apontam, genericamente, para a necessidade de uma formação científica académica mais efectiva, mais prática e contextualizada, promotora, em suma, de um conhecimento mais aprofundado e significativo acerca de determinados tópicos biológicos. O estágio pedagógico, em particular, parece poder afirmar-se como um contributo indispensável na formação do professor de Biologia, sobretudo no que se prende *com o seu conhecimento pedagógico dos conteúdos*.

Tendo em consideração que, no acto pedagógico, o “Saber”, o “Saber-Fazer” e o “Saber-Ser” se transmitem sempre em função daquilo que o professor é, das suas próprias concepções, do seu estilo e maneira como se coloca na relação, são diversas e, a nosso ver, pertinentes as implicações didácticas deste estudo para a formação do futuro professor de Biologia naquela que deverá constituir a sua “função pedagógica mais nobre” enquanto profissional proficiente: a de, reflectindo sobre o seu conhecimento e sobre a sua prática, ensinar o aluno a orientar e regular a sua própria aprendizagem, a “aprender a pensar”.

## PALAVRAS-CHAVE

*Ensino-Aprendizagem das Ciências, Conceção Científica, Conceção Alternativa, Nutrição e Respiração das Plantas, Reflexão, Professor Reflexivo, Construção do Conhecimento, Conhecimento Pedagógico dos Conteúdos, Desenvolvimento Pessoal e Profissional do Professor de Biologia.*

## ABSTRACT

The results of many years of investigation indicate that most of the individuals possesses personal and very persistent ideas concerning a variety of topics, which can be generically referred to as *alternative conceptions*, as opposed to a series of notions and ideas transmitted by the school, the so called *scientific conceptions*.

Investigation on *alternative conceptions* continues to aim not only at the study of students' alternative conceptions but also at other conceptions brought about by curriculum projects, books and teachers. In addition to what happens in other scientific areas, the number of studies on several biological topics is already considerable.

We therefore decided, keeping in mind that it is not a commonly discussed area in Portugal, to investigate the scientific and alternative conceptions that could be revealed by university students and teacher beginners/trainees. In order to undertake such investigation, we selected two themes normally deemed as difficult to approach in any teaching degree: Nutrition and Breathing of Plants.

The investigation also included a reflexive activity by teacher trainees which rendered possible to understand to what extent the reflection-in-action, the reflection-on-action and the reflection on the reflection-in-action can result in a pedagogic knowledge of specific contents by Biology future teachers, thus promoting their effectiveness and their personal and professional development.

On the analysis of the obtained data, it was possible to conclude that, generally speaking, the scientific and alternative conceptions revealed by the investigated groups differed in some cases, but were usually quite identical. More importance should be given, one believes, to the similarities between the identified alternative conceptions rather than to the differences. An example of that is their eminently personal nature, their observable and particular character, their origin in a tendency to change conceptions difficult to understand, their anthropomorphic nature and also their internal coherence and persistence.

Our conclusions point to a need for a more effective academic scientific formation, a more practical and contextualized formation that promotes of a deepened and significant knowledge about certain biological topics. Pedagogic apprenticeships, in particular, seem to be an indispensable contribute to Biology teachers' formation, especially as far as pedagogic knowledge of contents is concerned.

Bearing in mind that in a pedagogic situation the “Know-How”, the “Know-How To do” and the “Know-How To be” are greatly determined by a teacher's nature, conceptions, style and ability to relate, the didactic implications of this study for Biology future teachers' formation are varied and pertinent especially when their “most noble pedagogic function” as proficient professionals is concerned, namely the one of teaching students to guide and to master their own learning, teaching them “to learn how to think”, which implies the self contemplation of the teacher's knowledge and experience.

## **KEY WORDS**

*Science teaching-learning, Scientific Conception, Alternative Conception, Nutrition and Breathing of Plants, Reflection, Reflexive Teacher, Construction of Knowledge, Pedagogic Knowledge of Contents, Biology Teachers' Personal and Professional Development.*

# ÍNDICES

# ÍNDICE GERAL

|  |           |
|--|-----------|
| Índice de Quadros .....  | xiv       |
| Índice de Figuras .....  | xvii      |
| Índice de Anexos .....   | xx        |
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....  | 2         |
| 2. DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA / PERGUNTA DE PARTIDA .....                                     | 8         |
| 3. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO .....  | 11        |
| 4. ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO .....  | 13        |
| <b>I - QUADRO TEÓRICO .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Capítulo 1 - FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROFESSOR .....</b>                            | <b>17</b> |
| 1.1. O Desenvolvimento Pessoal e Profissional do Professor .....                             | 18        |
| 1.1.1. <i>O Desenvolvimento Pessoal</i> .....  | 18        |
| 1.1.2. <i>A Aprendizagem Prática</i> .....   | 19        |
| 1.1.3. <i>A Natureza do Trabalho Docente</i> .....   | 25        |
| 1.2. O Professor Enquanto Profissional Reflexivo .....                                       | 28        |
| 1.2.1. <i>O Conceito de Ensino Reflexivo</i> .....   | 28        |
| 1.2.1.1. Níveis de Reflexão .....  | 28        |
| 1.2.1.2. O Processo de Reflexão .....  | 29        |
| 1.2.1.3. Atitudes Reflexivas .....   | 31        |
| 1.3. A Formação Inicial do Professor e o Processo de Construção do seu<br>Conhecimento ..... | 33        |
| <b>Capítulo 2 - O PROFESSOR DE CIÊNCIAS .....</b>  | <b>41</b> |
| 2.1. Tendências para o Ensino das Ciências: Breve Retrospectiva Histórica .....              | 42        |
| 2.2. Formação e Desenvolvimento de Conceitos Espontâneos e Científicos .....                 | 57        |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3. O Paradigma das Concepções Alternativas: Implicações para a Formação e Desenvolvimento do Professor de Ciências ..... | 63         |
| 2.3.1. <i>Enquadramento Geral</i> .....  | 63         |
| 2.3.2. <i>Resultados e Tendências de Duas Décadas da Linha de Investigação sobre Concepções Alternativas</i> .....         | 67         |
| 2.3.2.1. Abrangência Temática .....  | 67         |
| 2.3.2.2. Concepções Alternativas e Questões Terminológicas .....   | 69         |
| 2.3.2.3. Características Gerais das Concepções Alternativas .....  | 71         |
| 2.3.2.4. Origem das Concepções Alternativas - Conhecimento Sensorial, Cultural e Escolar .....                             | 75         |
| 2.4. Tratamento Didático das Concepções Alternativas: O Exemplo dos Mapas de Conceitos .....                               | 79         |
| 2.5. O Conhecimento do Professor de Biologia: O Caso Especial da Nutrição e Respiração das Plantas .....                   | 99         |
| <br>   |            |
| <b>II - COMPONENTE EMPÍRICA</b> .....  | <b>120</b> |
| <br>   |            |
| <b>Capítulo 3 - METODOLOGIA</b> .....  | <b>121</b> |
| 3.1. Enquadramento Epistemológico .....  | 122        |
| 3.1.1. <i>Abordagem à Questão Metodológica</i> .....   | 122        |
| 3.1.2. <i>Métodos Quantitativos e Qualitativos na Investigação Educacional</i> ..  | 123        |
| 3.1.3. <i>A Complementaridade Metodológica: Uma Posição Assumida</i> .....   | 129        |
| 3.2. Suportes Metodológicos e Instrumentais .....  | 134        |
| 3.2.1. <i>Abordagem Descritiva</i> .....   | 134        |
| 3.2.1.1. Os Sujeitos Investigados .....  | 134        |
| 3.2.1.2. O Instrumento de Recolha de Dados: Questionário .....   | 137        |
| 3.2.1.3. Validação e Aplicação do Questionário .....   | 142        |
| 3.2.1.4. Organização e Análise dos Dados .....   | 147        |
| 3.2.2. <i>Abordagem Interventiva</i> .....   | 153        |
| 3.2.2.1. O Grupo Interveniente .....   | 153        |
| 3.2.2.2. Fases Fundamentais da Intervenção .....   | 156        |
| 3.2.2.3. Procedimentos de Recolha de Dados .....   | 169        |
| 3.2.2.4. Organização e Análise dos Dados .....   | 175        |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Capítulo 4 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....   | <b>181</b>           |
| 4.1. Conhecimento Pedagógico dos Conteúdos de Futuros Professores de Biologia: Uma Análise Evolutiva .....         | 182                  |
| 4.1.1. <i>Resultados e Análise do Questionário - Parte I: Nutrição das Plantas</i> .....                           | 183                  |
| 4.1.2. <i>Resultados e Análise do Questionário - Parte II: Respiração das Plantas</i> .....                        | 213                  |
| 4.1.3. <i>Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre “A Nutrição e a Respiração das Plantas”</i> ..... | 242                  |
| 4.1.4. <i>Discussão dos Resultados</i> .....   | 252                  |
| 4.2. Formação, Desenvolvimento e Mudanças no Professor Iniciante: Uma Estratégia de Intervenção .....              | 258                  |
| 4.2.1. <i>Resultados e Análise do Questionário - Parte I: Nutrição das Plantas</i> .....                           | 259                  |
| 4.2.2. <i>Resultados e Análise do Questionário - Parte II: Respiração das Plantas</i> .....                        | 268                  |
| 4.2.3. <i>Resultados da Análise das Entrevistas Realizadas com os Professores Estagiários</i> .....                | 276                  |
| 4.2.3.1. Entrevistas Iniciais Realizadas Individualmente aos Professores Estagiários .....                         | 277                  |
| 4.2.3.2. Entrevista de Grupo Efectuada aos Professores Estagiários ...   | 283                  |
| 4.2.4. <i>Discussão Global dos Resultados: Estados e Mudanças</i> .....  | 294                  |
| 4.2.4.1. O Estado Inicial .....  | 294                  |
| 4.2.4.2. As Mudanças Ocorridas e o Estado de Chegada .....   | 297                  |
| <b>DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES</b> .....  | <b>300</b>           |
| 1. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS .....  | 301                  |
| 2. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 305                  |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....  | <b>309</b>           |
| <b>ANEXOS</b> .....  | (em volume separado) |

## ÍNDICE DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 1 - <i>Exemplos de Estudos sobre Concepções Alternativas dos Alunos, Relativas a Tópicos de Biologia (adaptado de Santos, 1991)</i> .....  | 68  |
| Quadro 2 - <i>Exemplos de Estudos sobre Concepções Alternativas dos Alunos, Relativas a Tópicos de Biologia (adaptado de Jiménez, 1993)</i> .....   | 68  |
| Quadro 3 - <i>Designações Atribuídas às Representações dos Alunos Face a Questões de Ordem Científica (extraído de Santos, 1994, p.93)</i> .....  | 70  |
| Quadro 4 - <i>Conteúdos Programáticos, Relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, de Diferentes Disciplinas por Ano/Semestre (adaptado de Marques, Bettencourt, Amaral e Faria, 1994)</i> ..... | 119 |
| Quadro 5 - <i>Número de Sujeitos, Idade e Sexo dos Investigados nos Três Grupos Alvo de Estudo</i> .....  | 136 |
| Quadro 6 - <i>Idade, Sexo e Experiência Docente dos Professores Estagiários do Grupo Interviente</i> .....  | 155 |
| Quadro 7 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.1. - Parte I do Questionário</i> .....   | 183 |
| Quadro 8 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.2. - Parte I do Questionário</i> .....   | 185 |
| Quadro 9 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.3. - Parte I do Questionário</i> .....   | 187 |
| Quadro 10 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.4. - Parte I do Questionário</i> .....  | 189 |
| Quadro 11 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.5. - Parte I do Questionário</i> .....  | 191 |
| Quadro 12 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.6. - Parte I do Questionário</i> .....  | 192 |
| Quadro 13 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.7. - Parte I do Questionário</i> .....  | 194 |
| Quadro 14 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.8. - Parte I do Questionário</i> .....  | 196 |
| Quadro 15 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.9. - Parte I do Questionário</i> .....  | 198 |

|  |     |
|--|-----|
| Quadro 16 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.10. - Parte I do Questionário</i> .....  | 199 |
| Quadro 17 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.11. - Parte I do Questionário</i> .....  | 201 |
| Quadro 18 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.1. - Parte I do Questionário</i> .....   | 204 |
| Quadro 19 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.2. - Parte I do Questionário</i> .....   | 205 |
| Quadro 20 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.3. - Parte I do Questionário</i> .....   | 207 |
| Quadro 21 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.4. - Parte I do Questionário</i> .....   | 208 |
| Quadro 22 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.1. - Parte II do Questionário</i> .....  | 214 |
| Quadro 23 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.2. - Parte II do Questionário</i> .....  | 215 |
| Quadro 24 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.3. - Parte II do Questionário</i> .....  | 217 |
| Quadro 25 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.4. - Parte II do Questionário</i> .....  | 219 |
| Quadro 26 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.5. - Parte II do Questionário</i> .....  | 220 |
| Quadro 27 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.6. - Parte II do Questionário</i> .....  | 222 |
| Quadro 28 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.7. - Parte II do Questionário</i> .....  | 223 |
| Quadro 29 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.8. - Parte II do Questionário</i> .....  | 225 |
| Quadro 30 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.9. - Parte II do Questionário</i> .....  | 227 |
| Quadro 31 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.10. - Parte II do Questionário</i> ..... | 229 |

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 32 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.11. - Parte II do Questionário</i> .....  | 230 |
| Quadro 33 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.1. - Parte II do Questionário</i> .....   | 233 |
| Quadro 34 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.2. - Parte II do Questionário</i> .....   | 234 |
| Quadro 35 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.3. - Parte II do Questionário</i> .....   | 236 |
| Quadro 36 - <i>Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.4. - Parte II do Questionário</i> .....   | 237 |
| Quadro 37 - <i>Resumo das Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre a Nutrição das Plantas, em Alunos dos 1º e 4º Anos e em Professores Estagiários</i> .....  | 242 |
| Quadro 38 - <i>Resumo das Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre a Respiração das Plantas, em Alunos dos 1º e 4º Anos e em Professores Estagiários</i> .....                                      | 247 |
| Quadro 39 - <i>Concepções Científicas e Alternativas Identificadas no Ponto 1. e Ponto 2. da Parte I dos Questionários Aplicados aos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo</i> .....    | 260 |
| Quadro 40 - <i>Quadro-Síntese do N.º de Concepções Científicas e Alternativas Identificadas nos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo na Parte I dos Questionários Aplicados</i> .....  | 264 |
| Quadro 41 - <i>Quadro-Resumo dos Resultados Obtidos com Base na Análise dos Mapas de Conceitos Relativos à Nutrição das Plantas dos Professores Estagiários de Montemor-o-Novo</i> .....                          | 265 |
| Quadro 42 - <i>Concepções Científicas e Alternativas Identificadas no Ponto 1. e Ponto 2. da Parte II dos Questionários Aplicados aos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo</i> .....   | 269 |
| Quadro 43 - <i>Quadro-Síntese do N.º de Concepções Científicas e Alternativas Identificadas nos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo na Parte II dos Questionários Aplicados</i> ..... | 272 |
| Quadro 44 - <i>Quadro-Resumo dos Resultados Obtidos com Base na Análise dos Mapas de Conceitos Relativos à Respiração das Plantas dos Professores Estagiários de Montemor-o-Novo</i> .....                        | 273 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 - <i>Representação Esquemática do Modelo Generativo de Aprendizagem de Osborne (extraído de Santos, 1991, p. 193)</i> .....   | 81  |
| Figura 2 - <i>Mapa de Conceitos Relativo às suas Principais Características (extraído de Boggino, 1997, p. 16)</i> .....   | 90  |
| Figura 3 - <i>Esquema Representativo dos Fenómenos que Globalmente Ocorrem nas Diferentes Etapas da Fotossíntese (extraído de Roque, Ferreira e Castro, 1997, p. 37)</i> .....       | 106 |
| Figura 4 - <i>Mapa de Conceitos Relativo ao Processo Fotossintético (adaptado de Silva et al., 1997)</i> .....   | 108 |
| Figura 5 - <i>Esquema Representativo dos Fenómenos que Globalmente Ocorrem nas Diferentes Etapas da Respiração Celular (extraído de Roque, Ferreira e Castro, 1997, p. 59)</i> ..... | 112 |
| Figura 6 - <i>Mapa de Conceitos Relativo ao Processo da Respiração Celular (adaptado de Silva et al., 1997)</i> .....  | 114 |
| Figura 7 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Fotossíntese e Nutrientes</i> .....   | 183 |
| Figura 8 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Nutrientes e Energia</i> .....  | 185 |
| Figura 9 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Água e Dióxido de Carbono</i> .....   | 187 |
| Figura 10 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigénio e Dióxido de Carbono</i> .....  | 189 |
| Figura 11 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigénio e Glúcidos</i> .....  | 191 |
| Figura 12 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Energia e Glúcidos</i> .....   | 192 |
| Figura 13 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Sais Minerais e Nutrientes e Respectiva Distribuição dos Questionados</i> .....                                      | 194 |
| Figura 14 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Luz e Clorofila</i> ...  | 196 |
| Figura 15 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Solo e Raízes</i> .....  | 198 |
| Figura 16 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Ar e Folhas</i> .....  | 199 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 17 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Raízes e Folhas ..</i>  | 201 |
| Figura 18 - <i>Distribuição dos Questionados Relativamente ao Ponto 1.12. - Parte I do Questionário - “Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)” .....</i>                                     | 202 |
| Figura 19 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Fotossíntese é ...” .....</i>                                    | 204 |
| Figura 20 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Fonte de Energia que Permite às Plantas Crescerem ...” .....</i> | 205 |
| Figura 21 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Planta Nutre-se ...” .....</i>                                   | 207 |
| Figura 22 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção ou Opções que Melhor se Ajuste(m) à Afirmação Incompleta - O(s) Nutriente(s) da Planta é(são) ...” .....</i>     | 208 |
| Figura 23 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Três Categorias (Nível Elevado, Nível Médio e Nível Reduzido) de Análise dos Mapas de Conceitos Referentes à Nutrição das Plantas .....</i>                      | 210 |
| Figura 24 - <i>Mapa de Conceitos Elaborado por um Aluno do 4º Ano .....</i>   | 212 |
| Figura 25 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Planta .....</i>   | 214 |
| Figura 26 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Célula e Respiração .....</i>   | 215 |
| Figura 27 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Energia .....</i>  | 217 |
| Figura 28 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Trocas Gasosas e Respiração .....</i>   | 219 |
| Figura 29 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Folhas .....</i>   | 220 |
| Figura 30 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Ar e Estomas .....</i>  | 222 |
| Figura 31 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigénio e Dióxido de Carbono .....</i>   | 223 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 32 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Água e Dióxido de Carbono</i> .....   | 225 |
| Figura 33 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)</i> .   | 227 |
| Figura 34 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos) e Oxigênio</i> .   | 229 |
| Figura 35 - <i>Classes de Concepções Referentes à Relação entre Energia e Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)</i> .  | 230 |
| Figura 36 - <i>Distribuição dos Questionados Relativamente ao Ponto 1.12. - Parte II do Questionário - “Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)”</i> .....                                      | 232 |
| Figura 37 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Respiração é ...”</i> .....  | 233 |
| Figura 38 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Respiração Ocorre ...”</i> .....                                   | 234 |
| Figura 39 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - As Plantas Respiram ...”</i> .....                                   | 236 |
| Figura 40 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção ou Opções que Melhor se Ajuste(m) à Afirmação Incompleta - Ao Contrário do que Acontece na Fotossíntese ...”</i> . | 237 |
| Figura 41 - <i>Distribuição dos Questionados pelas Três Categorias (Nível Elevado, Nível Médio e Nível Reduzido) de Análise dos Mapas de Conceitos Referentes à Respiração das Plantas</i> .....                      | 239 |
| Figura 42 - <i>Mapa de Conceitos Elaborado por um Professor Estagiário</i> .....  | 241 |
| Figura 43 - <i>Mapa de Conceitos Construído no Primeiro Questionário, Relativo à Nutrição das Plantas, pelo Professor Estagiário 1</i> .....  | 265 |
| Figura 44 - <i>Mapa de Conceitos Construído no Segundo Questionário, Relativo à Nutrição das Plantas, pelo Professor Estagiário 2</i> .....   | 267 |
| Figura 45 - <i>Mapa de Conceitos Construído no Primeiro Questionário, Relativo à Respiração das Plantas, pelo Professor Estagiário 3</i> .....  | 274 |
| Figura 46 - <i>Mapa de Conceitos Construído no Segundo Questionário, Relativo à Respiração das Plantas, pelo Professor Estagiário 1</i> .....   | 275 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO I - Pré-questionário Elaborado para a Identificação de Concepções Científicas e Alternativas
- ANEXO II - Guião para Análise e Avaliação do Pré-questionário
- ANEXO III - Questionário Aplicado aos Alunos dos 1º e 4º Anos e Professores Estagiários do Curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia / Universidade de Évora
- ANEXO IV - Dados Estatísticos Referentes a Valores Globais e Valores Correspondentes à Comparação Respeitante a Pares de Questionados
- ANEXO V - Instrumento para Análise dos Mapas de Conceitos e Quadros-Síntese com os Resultados Decorrentes da sua Aplicação
- ANEXO VI - Dados Estatísticos Referentes aos Resultados Obtidos com Base na Análise dos Mapas de Conceitos
- ANEXO VII - Guião das Entrevistas Iniciais Efectuadas aos Professores Estagiários
- ANEXO VIII - Protocolos das Entrevistas Iniciais Efectuadas aos Professores Estagiários
- ANEXO IX - Grelha de Registo da Análise de Conteúdo das Entrevistas Iniciais Efectuadas aos Professores Estagiários
- ANEXO X - Planificação da Unidade Programática: Sistemas Vivos e Energia
- ANEXO XI - Guião da Entrevista de Grupo Efectuada aos Professores Estagiários
- ANEXO XII - Protocolo da Entrevista de Grupo Efectuada aos Professores Estagiários
- ANEXO XIII - Grelha de Registo da Análise de Conteúdo da Entrevista de Grupo Efectuada aos Professores Estagiários

Não há, não,  
Duas folhas iguais em toda a criação.  
Ou nervura a menos, ou célula a mais,  
não há, de certeza, duas folhas iguais.

António Gedeão

## INTRODUÇÃO

## 1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Ensinar nos nossos dias é técnica e arte. Requer não só ao professor conhecimentos, mas também intuição e imaginação.

Na escola que se quer de qualidade, visando, de acordo com Patrício (1997), uma conseqüente “qualidade da educação” (p. 66), pede-se ao professor que seja um profissional atento, reflexivo e criativo. Uma educação de qualidade implica, como já salientava Vygotsky (1986), que se oriente o ensino para o desenvolvimento potencial do aluno. Um ensino tradicional, virado para o já atingido, é, como referia o mesmo autor, de todo improdutivo.

É ao professor a quem Vygotsky atribui o papel fundamental de ajudar o aluno a passar de um nível de desenvolvimento actual, para aquele que, potencialmente, poderá vir a alcançar no futuro. É sobretudo a ele que cabe a promoção de um ensino reflexivo e criativo, de modo a fazer com que o aluno se aproprie de conhecimentos e seja capaz de os aplicar de uma forma dinâmica e flexível, de acordo com as diferentes circunstâncias da sua vida presente e futura.

Torna-se por isso importante a promoção de aprendizagens verdadeiramente significativas, nas quais o professor deve ter em consideração as concepções dos alunos, e, por outro lado, as suas próprias concepções, uma vez que podem influenciar a complexidade do acto educativo, dado poderem ajudar o aluno a pensar e a aprender, mas também ir contra a promoção do seu desenvolvimento.

Todos nós, professores de ciências, já nos apercebemos que os nossos alunos trazem para a sala de aula um conhecimento prévio, mais ou menos estruturado sobre os fenómenos naturais.

O professor deve tentar conhecer essas ideias prévias e os esquemas conceptuais dos alunos, para que a crítica de Popper e Lorenz (1990), “a nossa pedagogia consiste em sobrecarregar as crianças com respostas, sem que elas tenham colocado questões, e às questões que fazem não se presta atenção” (p. 49), deixe de ser tão pertinente e passe a perder alguma actualidade.

Enquanto professora e orientadora de estágios pedagógicos, temo-nos vindo a dar conta que a base de conhecimentos científicos relativos a determinados tópicos da Biologia, quer por parte dos alunos que finalizam o ensino secundário, quer por parte dos alunos universitários, e em particular os professores estagiários, nem sempre poderá ser considerada a melhor.

De facto, sempre nos surpreendeu, por um lado, a dificuldade que uma grande parte dos alunos dos ensinos Básico, Secundário e Universitário manifesta nas aulas de Ciências Biológicas, no que diz respeito à aquisição de conhecimentos científicos relativos a certos temas da Biologia e, por outro lado, a dificuldade que os professores estagiários com que temos vindo a trabalhar manifestam em transmitir os conhecimentos científicos respeitantes a determinados tópicos, de modo a conseguirem com os seus alunos aprendizagens verdadeiramente significativas.

De certa forma, as nossas constatações vão entroncar numa das linhas de investigação que emergiu, desde os princípios da década de setenta, no domínio do *ensino-aprendizagem das ciências*, que se prende precisamente com a problemática das concepções próprias dos alunos e as suas implicações na aprendizagem de *concepções científicas* em contexto escolar.

Resultados de muitos anos de investigação indicam, com efeito, que a maioria dos indivíduos já tem, antes do ensino formal em ciências, ideias próprias e muito persistentes acerca de uma variedade de tópicos, que genericamente se poderão

designar por *concepções alternativas*, em oposição a uma série de noções e ideias veiculadas pela escola, as chamadas *concepções científicas*.

A investigação centrada na identificação das *concepções alternativas* de alunos integra-se no paradigma construtivista de que foi pioneira, pelo menos na Europa, a equipa coordenada por Rosalind Driver, da Universidade de Leeds (CLIS, 1987). O construtivismo baseia-se num conjunto articulado de princípios, a partir dos quais é possível diagnosticar, estabelecer juízos e tomar decisões fundamentadas sobre o ensino e aprendizagem das ciências. Nesse sentido, pode constituir uma referência para os professores processarem a informação presente nas situações educativas em que estão envolvidos, de modo a torná-las mais adequadas aos objectivos pretendidos (Solé e Coll, 1993). São de salientar, no entanto, dois princípios básicos, referidos por Anderson e Burns (1991): por um lado, o papel dos conhecimentos já adquiridos (conhecimentos prévios) na construção dos novos conhecimentos e, por outro lado, o papel do sujeito nesse processo de construção.

A linha de investigação sobre *concepções alternativas* tem por objecto estudar não só as concepções alternativas dos alunos, mas também as evidenciadas por projectos curriculares, por livros e por professores.

Muitos autores (Amir e Tamir, 1990; Anderson et al., 1990; Giordan, 1987; Lawson, 1988; Tull, 1990; Wandersse, 1983) referem que as *concepções alternativas* tendem a decrescer com o progresso dos alunos no processo de escolarização, mas adiantam que muitos alunos do ensino secundário e do ensino universitário ainda conservam as suas *concepções alternativas*. Galili e Lehavi (1997) sugerem mesmo que a origem e persistência das *concepções alternativas* está nos professores, porque por vezes eles próprios não se apercebem que as possuem.

Decidimos, nesse sentido, investigar as *concepções científicas e alternativas* que pudessem manifestar alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários do curso de

Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora. Aproveitando a oportunidade de, simultaneamente, estarmos a ser investigadora, professora e orientadora de estágio, decidimos realizar, também, um trabalho de intervenção com o nosso Núcleo de Estágio Pedagógico, no sentido de promover com os professores estagiários uma reflexão sistemática acerca das suas próprias *concepções científicas e alternativas*, bem como sobre as suas práticas educativas, no sentido de os levar a tomar consciência progressiva dos *actos de ensinar e aprender ciências*.

Pensámos, assim, realizar um estudo acerca das *concepções científicas e alternativas*, focando-nos, em especial, nas suas implicações na transformação do *conhecimento pedagógico dos conteúdos específicos* do futuro professor de Biologia.

Para tal, seleccionámos dois temas interligados e considerados, consensualmente, de difícil abordagem (Giordan e de Vecchi, 1995; de Vecchi e Giordan, 1996), em qualquer grau de ensino: *a Nutrição e a Respiração das Plantas*.

A *Nutrição das Plantas*, genericamente designada por fotossíntese, e a *Respiração das Plantas*, enquanto processo de respiração celular, implicam mecanismos bioquímicos bastante complexos, acerca dos quais persistem ainda pontos controversos, mesmo aos níveis da investigação biológica. Trata-se de processos que se desenvolvem de forma contínua, pela acção conjunta e interactiva de vários factores, e não de acontecimentos resultantes do somatório de factores independentes, sem qualquer relação entre si (Driver, Squires, Rusworth e Wood-Robinson, 1995; Giordan, 1987).

Talvez por essas razões, é muito frequente, aquando do trabalho prévio de planificação de unidades didácticas, os professores estagiários dirigirem-se a nós, enquanto Orientadora Pedagógica, no sentido de verem esclarecidas dúvidas que muito nos surpreendem, dada a sua natureza revelar, por vezes, verdadeira igno-

rância dos processos científicos envolvidos nos temas alvo da nossa pesquisa, ou confusões por vezes difíceis de imaginar e compreender em indivíduos que receberam formação científica formal em Biologia, durante os Ensinos Básico, Secundário e Universitário.

Assume assim grande importância, no que diz respeito ao ensino-aprendizagem das ciências, valendo a pena ser salientado, o papel decisivo da *competência reflexiva* (metacognitiva) do professor estagiário, na tarefa de diferenciar os conhecimentos formais (científicos) que a escola terá de apresentar aos alunos, dos conhecimentos espontâneos, trazidos, tantas vezes, pelos alunos para a sala de aula (Vygotsky, 1986) - ou seja, em certo sentido, das suas *concepções alternativas* (Black e Lucas, 1993; Driver, Leach, Millar e Scott, 1996; Rodrigo, Rodríguez e Marrero, 1993).

De facto, o Homem é um ser em permanente relação com os outros e com o mundo físico-natural. O conhecimento que tem acerca de si próprio, as suas ideias, são sempre inseparáveis do conhecimento que tem do mundo. Se é interessante e mesmo de suma importância para o professor perceber como evoluem as suas capacidades para interagir com o mundo físico e social, não menos importante é compreender como se desenvolve o seu auto-conhecimento que interage com esse mundo. Falar de um auto-conhecimento do professor é levar-nos a pensar que este resulta de um processo de construção cognitiva do professor, a partir da sua própria experiência e capacidade reflexiva. Esse conhecimento será sempre construído em determinados contextos sócio-culturais.

A partir da síntese de experiências, o professor, como indivíduo que age e reage ao mundo no qual vive, constrói conhecimentos e crenças. A diferença resulta dos graus de exigência da tarefa. Se esta tiver uma orientação mais teórica, estamos ao nível do conhecimento que é mobilizado para a *reflexão sobre ideias*, mas, se a tarefa for mais pragmática, a teoria torna-se crença, sendo utilizada sobretudo para compreender as situações, fazer inferências a partir destas ou plani-

ficar o seu comportamento. Por isso, as crenças reflectem, muitas vezes, o que o professor é. Se o professor pode pensar, discutir ou mesmo defender ideias, das crenças vive, sendo, de algum modo, o espaço onde se encontra. Em consonância com Ortega e Gasset (1996), “las ideas se tienen, en las creencias se está” (p. 6).

*O conhecimento pessoal e profissional do professor e a sua formação dependem, assim, da sua capacidade para reflectir sobre as suas ideias e em experiências vividas. O professor forma-se na medida em que é capaz de reflectir sobre a sua própria prática pedagógica.*

Temo-nos dado conta que a *actividade reflexiva* na prática docente, sobretudo dos professores estagiários, não só é algo penosa no início, como também é pouco frequente nos professores, de um modo geral, particularmente daqueles com mais anos de serviço. No entanto ela é fundamental, tendo em consideração que nunca se poderão deixar de ter em conta as finalidades e os valores inerentes a todo o acto educativo. Como já era referido por Dewey (1989), o que essencialmente distingue o *pensamento reflexivo* do pensamento rotineiro é a problematização e a consciência dos fins, tornando o indivíduo capaz de actuar de forma deliberada e intencional.

Pensámos, desse modo, que um estudo que levasse os professores estagiários a *reflectir acerca das suas ideias e conhecimentos*, bem como acerca das suas *práticas educativas*, relativas à leccionação de determinados tópicos específicos da Biologia, poderia revelar-se bastante interessante e pertinente, no sentido de os levar a aprofundar o seu *conhecimento pedagógico dos conteúdos*, especialmente dos que, normalmente, são de mais difícil abordagem pelos alunos.

São diversas e, a nosso ver, pertinentes as implicações didácticas deste estudo para a *formação do futuro professor de Biologia*, naquela que deverá constituir a sua “função pedagógica mais nobre” enquanto profissional competente: a de, *reflectindo sobre as suas ideias, o seu conhecimento e sobre a sua prática* (Schön,

1992), ensinar o aluno a orientar e regular os seus próprios mecanismos por forma a “aprender a pensar” e a “aprender a aprender”.

Parece-nos, assim, revestido de interesse e plena actualidade o tema central por nós escolhido para desenvolver o presente trabalho.

## **2. DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA / PERGUNTA DE PARTIDA**

Uma investigação poderá, ou deverá mesmo, iniciar-se com o colocar de um problema. A formulação do problema, ou seja da pergunta de partida, deve estar de acordo com o tema pensado para a investigação a realizar. Para Rudio (citado por Lakatos e Marconi, 1995), pensar num problema de forma a explicitá-lo, pode ser visto do seguinte modo:

Formular o problema consiste em dizer, de maneira explícita, clara, compreensível e operacional, qual a dificuldade com a qual nos deparamos e que pretendemos resolver, limitando o seu campo e apresentando suas características. Desta forma, o objetivo da formulação do problema é torná-lo individualizado, específico, inconfundível. (p. 161)

Assim, elaborar uma pergunta de partida implica, por um lado, pensar no assunto ou assuntos que gostaríamos de investigar e, por outro lado, limitar o campo de acção, com vistas a tornar o nosso problema único.

O problema deve, assim, ser formulado como pergunta, essa poderá ser mesmo a forma mais fácil e directa de colocar um problema (Gil, 1991). Esta tarefa não é, no entanto, fácil. De acordo com Selltiz (citado por Gil, 1991), existem, todavia, algumas condições que a poderão facilitar, tais como: “imersão sistemática no objeto, estudo da literatura existente e discussão com pessoas que acumulam muita experiência prática no campo de estudo”. (p. 29)

Em suma, entendemos como problema inicial ou pergunta de partida uma questão que se coloca para ser resolvida, muitas vezes com base em métodos lógicos e racionais, sendo, aliás, este um dos significados de problema que se poderá encontrar no Novo Dicionário de Língua Portuguesa, elaborado pela Academia das Ciências de Lisboa e pela Fundação Calouste Gulbenkian (2001).

Como tal, para traduzir exactamente o que se pretende, a pergunta de partida deve obedecer a condições, ou seja, a um conjunto de qualidades e critérios, que inclusivamente podem ser alvo de tratamento. A globalização, a exaustão possível, o alargamento a matérias subjacentes e adjacentes podem criar a necessidade da formulação complementar de questões derivadas da pergunta de partida. Essa necessidade deverá ser sempre resultante de delimitação do objecto de estudo a tratar ou da especificidade de um dos aspectos envolvidos no tema alvo de investigação.

De acordo com Kerlinger (citado por Hayman, 1984), Gil (1991) e Lakatos e Marconi (1995), as principais características de um bom problema ou boa pergunta de partida serão, em suma, as que se prendem com a sua **clareza, exequibilidade e pertinência**.

A clareza está relacionada com a precisão e concisão no modo de formular uma questão, isto porque, se uma questão for vaga, poderá informar pouco sobre as intenções do investigador. A formulação de uma questão de partida deve ser cuidada por forma a não dar azo a diversas interpretações, feitas com igual legitimidade. A precisão não é, no entanto, incompatível com a amplitude, bem pelo contrário, pode definir um amplo campo de análise e não restritivo.

A exequibilidade tem a ver com o ser ou não possível realizar o trabalho que a pergunta de partida deixa antever. Um boa pergunta deve apontar para um trabalho adequado aos meios logísticos, recursos pessoais, técnicos e materiais dispo-

níveis ou, pelo menos, de disponibilidade previsível. Formular correctamente um problema implica mesmo ter o domínio da tecnologia adequada à sua solução.

A boa pergunta de partida não deve, por outro lado, dar azo a juízos de natureza moralizadora ou filosófica. Deve permitir a busca de uma ou mais respostas com razão de ser. Não deve apontar para respostas preconcebidas. Deve dizer respeito à realidade preexistente ou existente e não ao que ainda não existe.

Para alguns autores como Lakatos e Marconi (1995), um problema para ser considerado apropriado deve ainda ser novo e relevante, no sentido de estar adequando ao estágio actual de evolução científica e ser capaz de trazer conhecimentos novos.

Pensamos estar agora em condições, tendo em consideração a temática geral do nosso trabalho e as considerações atrás efectuadas, de formular o problema, ou seja, a pergunta de partida da investigação que nos propusemos realizar, do seguinte modo:

- Será que a identificação de concepções científicas e alternativas em alunos e professores iniciantes/estagiários, a promoção de reflexão acerca dessas concepções por parte dos professores iniciantes/estagiários e a prática docente desenvolvida no tratamento dos temas relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, contribuem para melhorar o conhecimento pedagógico dos conteúdos e para a formação de profissionais reflexivos, capazes de tornarem o seu ensino mais proficiente?

Dada a globalização, anteriormente referida, uma certa exaustão e o alargamento a matérias subjacentes e adjacentes, esta grande questão necessitou, também ela, de ser operacionalizada, através de um conjunto de pequenas questões dela derivadas, como as seguintes:

- Quais as principais concepções científicas e alternativas, relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, manifestadas por alunos e professores estagiários do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia?
- A reflexão a realizar com os professores estagiários acerca das suas próprias ideias/concepções científicas e alternativas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas irá, efectivamente, ajudá-los a terem um melhor conhecimento pedagógico dos conteúdos que irão leccionar?
- A reflexão promovida com os professores estagiários acerca da sua prática docente irá contribuir para aprofundar o conhecimento pedagógico dos conteúdos que irão leccionar?

### **3. OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO**

Com o presente estudo, e tendo em conta o problema ou pergunta de partida, antes formulado, propusemo-nos, assim, alcançar os seguintes objectivos:

- Identificar importantes concepções científicas e alternativas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, manifestadas pelos alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários, do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia.
- Comparar as ideias/concepções identificadas.
- Discutir possíveis causas e origens das ideias/concepções alternativas manifestadas pelos grupos investigados.

- Promover uma reflexão com os professores estagiários de um núcleo de estágio acerca das suas próprias ideias/concepções científicas e alternativas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas.
- Contribuir para a compreensão de algumas das principais dificuldades dos professores estagiários, na leccionação dos conteúdos científicos relativos à Nutrição e Respiração das Plantas.
- Compreender a influência que pode ter a actividade reflexiva dos professores iniciantes/estagiários, na sua prática lectiva, ao abordarem os conteúdos científicos relativos à Nutrição e Respiração das Plantas.
- Derivar contributos tendentes a uma melhor caracterização do conhecimento pedagógico dos conteúdos relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, nomeadamente no caso de professores em formação.

Em síntese, o que fundamentalmente se pretendia deste estudo é que dele pudessem ser derivados contributos para o professor iniciante/estagiário aprofundar o conhecimento pedagógico dos conteúdos a leccionar relativos aos temas em questão, bem como proporcionar a reflexão acerca das suas ideias/concepções científicas e alternativas e acerca do seu próprio desempenho docente. Condições essas, em nosso entender, indispensáveis a um ensino mais eficaz, reflexivo e criativo, com vista à promoção nos alunos de verdadeiras aprendizagens significativas dos conteúdos científicos que lhes são ministrados.

Depois de termos tecido algumas considerações acerca das razões que nos levaram a seleccionar o tema que nos propusemos estudar, definida a problemática da investigação e os seus objectivos passaremos, de seguida, à apresentação da estrutura básica do trabalho de dissertação.

## 4. ESTRUTURA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se estruturada, para além dos módulos da Introdução, Discussão Final e Conclusões, Bibliografia e Anexos, em duas partes fundamentais: a Parte I, correspondente ao **quadro teórico** e a Parte II, correspondente à **componente empírica** propriamente dita.

**Introdução.** É aqui apresentada uma série de considerações preliminares, no sentido de justificar, de certo modo, a escolha do tema central do estudo realizado. Define-se, além disso, a problemática da investigação e os seus objectivos, para além de se apresentar a estrutura do trabalho de dissertação.

**Parte I: Quadro Teórico.** Inclui uma revisão de literatura em torno de algumas questões nucleares ao estudo empreendido e encontra-se dividida em dois capítulos.

- **Capítulo 1: Formação e Desenvolvimento do Professor.** Pretende-se, neste capítulo, transmitir uma visão global, incidindo, não só sobre a *formação e o desenvolvimento do professor, enquanto profissional reflexivo*, mas também sobre os aspectos importantes ligados à *construção do seu conhecimento*. Abordam-se também aspectos ligados à formação inicial do professor.
- **Capítulo 2: O Professor de Ciências.** Começa-se, numa breve análise, por tentar explicitar as novas tendências para o ensino das ciências, fazendo-se inicialmente uma breve retrospectiva histórica. São revistos os aspectos ligados à construção dos conhecimentos pelo aluno, onde é relevada a importância dos seus conhecimentos prévios na aprendizagem e o cruzamento destes com as suas representações espontâneas. Aborda-se, a propósito, a problemática das *concepções alternativas*, dando-se lugar não só à descrição das suas principais características, mas também às suas possíveis origens. São focadas

*estratégias de mudança conceptual* para um tratamento didáctico das *concepções alternativas*, onde é abordado o exemplo dos mapas de conceitos, particularmente no que se refere à sua relevância para o ensino e aprendizagem das ciências e à sua utilização em contexto educacional. Por fim, são relevados alguns dos principais aspectos relativos ao *conhecimento pedagógico dos conteúdos* do professor de Biologia, nomeadamente dos que se prendem com a Nutrição e Respiração das Plantas.

**Parte II: Componente Empírica.** É constituída por dois capítulos: um em que são contextualizados e descritos os procedimentos metodológicos utilizados na investigação empírica e outro destinado à apresentação, análise e discussão dos resultados.

- **Capítulo 3: Metodologia.** Encontra-se dividido em duas secções, a primeira relacionada com o enquadramento epistemológico da metodologia geral adoptada na investigação e a segunda relativa aos suportes metodológicos e instrumentais seleccionados para levar a cabo dois tipos de abordagem à realidade alvo de investigação, uma de pendor mais quantitativo/descritivo e outra de pendor mais qualitativo/interventivo.
- **Capítulo 4: Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados.** Encontra-se dividido também em duas secções, a primeira relacionada com os resultados da abordagem descritiva e a segunda relacionada com os resultados da abordagem interventiva. Em ambas as secções, procede-se à apresentação, análise e discussão dos resultados derivados da informação recolhida, através dos instrumentos utilizados.

**Discussão Final e Conclusões.** São apresentadas as conclusões por nós consideradas mais relevantes a retirar do estudo efectuado, assim como as implicações pedagógicas mais pertinentes. Apresentam-se também algumas das limitações

inerentes à investigação realizada e sugestões que julgamos poderem contribuir para futuras investigações a desenvolver neste âmbito.

**Bibliografia.** Referem-se todas as obras literárias, artigos e legislação que foram citados e/ou consultados e que se revelaram de interesse fundamental para a concretização do trabalho.

**Anexos.** Por fim, são anexados a este trabalho, como forma de complemento, treze anexos que incluem alguns dos documentos fundamentais que serviram de base ao estudo realizado. Considerados demasiado excessivos para constarem do corpo do trabalho, decidimos, ainda assim, apresentá-los em volume autónomo, por nos parecerem um suporte informativo e elucidativo de grande valor para a compreensão do estudo levado a cabo. Esses documentos encontram-se referenciados na lista que forma o Índice de Anexos.

A educação é a arte de  
utilização do conhecimento.

Whitehead

I  
QUADRO TEÓRICO

A formação pode estimular o desenvolvimento dos professores, no quadro de uma autonomia contextualizada da profissão docente. Importa valorizar paradigmas de formação que promovam a preparação de professores reflexivos (...)

Nóvoa (1992)

# Capítulo 1

## FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROFESSOR

## **1.1. O DESENVOLVIMENTO PESSOAL E PROFISSIONAL DO PROFESSOR**

### **1.1.1. O Desenvolvimento Pessoal**

Na acção do professor há uma dimensão pessoal que não deverá ser esquecida durante o seu processo de formação. É necessário que o professor saiba e assuma, no exercício da sua profissão, que é um profissional que trabalha com pessoas e também com as suas próprias emoções, a sua cultura, os seus preconceitos, as suas angústias, os seus desejos, os seus fantasmas de poder ou de perfeição, o seu inconsciente, os seus valores e os seus sonhos.

O professor deverá, assim, aprender a não repelir ou negar todos estes aspectos, de forma a controlar as influências que exerce sobre os seus alunos. As suas características humanas, o seu nível de desenvolvimento pessoal, o seu estilo próprio, a sua maneira de estar no mundo têm grande influência no modo como desempenha o seu papel.

A escola, enquanto espaço educativo, pode e deve potenciar a promoção do desenvolvimento global dos indivíduos (Dewey, 1980; Kohlberg e Meyer, 1972); para isso implica que se constitua como uma instituição de realização e de desenvolvimento psico-sócio-cultural dos professores e alunos que nela interagem.

A escola acaba, de facto, por ser um lugar privilegiado de construção progressiva e de envolvimento e desenvolvimento pessoal do professor. Por construção progressiva podem entender-se as experiências e as culturas dos professores, que importa conhecer, respeitar e mobilizar. Os espaços “curriculares e extra-curriculares” de interacção e complementaridade podem facilitar essa construção pela convergência de saberes e de experiências de origem e natureza diversa. Por outro lado, favorecem o envolvimento dos professores com todos os outros ele-

mentos da comunidade educativa e a qualidade das relações existentes, intra-escola e desta com a comunidade envolvente.

Os aspectos relacionais e motivacionais aparecem hoje especialmente destacados, como factores a ter em conta no desenvolvimento pessoal e profissional do professor. De acordo com Leandro S. Almeida (1991), “a educação exige-os como forma de se assegurar o sentido integral do desenvolvimento e a mobilização individual para o mesmo” (p. 14).

O envolvimento pessoal do professor no acto educativo acaba por representar, para si, desafio, motivação e realização pessoal, mobilizando, nomeadamente, competências de resolução de problemas, criação de diversas alternativas e assunção de responsabilidade nas decisões e escolhas. No dizer de Perrenoud (1993),

a profissionalização é o acesso à capacidade de resolver problemas complexos e variados pelos seus próprios meios, no quadro de objectivos gerais e de uma ética, sem ser obrigado a seguir procedimentos detalhados concebidos por outros. É pois ser, mais do que numa actividade de execução, capaz de autonomia e de responsabilidade. (p. 184)

### **1.1.2. A Aprendizagem Prática**

O tempo actual é fortemente marcado por um novo paradigma de formação de professores, o qual emergiu, como refere Furió (1994), a partir da segunda metade dos anos oitenta, tendo sido para isso determinante o II Simpósio sobre erros conceptuais (“Misconceptions”) em ciências e em matemática, que se realizou na Universidade de Cornell, em 1987. Desde então, têm-se intensificado e aprofundado estudos, no âmbito da investigação educacional, dirigidos precisamente para as temáticas relativas à formação e desenvolvimento pessoal e profissional do professor.

A formação do professor tem sido perspectivada como a construção de um corpo teórico de saberes, incidentes sobre o modo como se aprende mas capaz de integrar, ao mesmo tempo, as exigências inerentes à prática docente de orientação construtivista.

Ao professor pede-se que não se limite a transmitir *informação conceptual* (e factual) mas que, sobretudo, se preocupe com o desenvolvimento do *conhecimento processual* do aluno.

O processo de formação de um professor deveria, assim, contribuir para a aquisição de “aprendizagens práticas” que lhe servissem não apenas para argumentação ideológica de qualquer actuação, mas sobretudo para entender a sua realidade profissional e para fundamentar e orientar a sua prática. A aprendizagem deveria, por conseguinte, ter por referência a realidade a enfrentar de modo a fornecer ao futuro professor as bases para a construção progressiva, consciente e crítica do seu conhecimento prático.

O conhecimento teórico que tradicionalmente se tem transmitido aos professores, durante o seu processo de formação inicial, tem uma incidência muito limitada sobre a sua futura actuação profissional, no que respeita à prática docente. De um modo geral, existe uma escassa conexão entre o conhecimento académico e os problemas da realidade escolar, podendo, deste modo, ficar comprometida a construção do conhecimento prático do professor e, conseqüentemente, a sua actividade profissional.

Outro factor de fundamental importância a considerar no processo de formação de futuros professores refere-se aos esquemas que os mesmos construíram sobre a vida escolar, fundamentalmente durante os seus anos de experiência como alunos. Esse facto faz com que já possuam determinadas concepções e teorias implícitas sobre a forma como os alunos aprendem quando iniciam a sua formação (Mellado, Blanco e Ruiz, 1998), as quais podem ser preservadas se, durante o seu

período de formação profissional, construíram outras que não interagiram com as primeiras. Essa situação, a acontecer, poderá condicionar a interpretação, a actuação e as tomadas de decisão na prática docente (Marrero, 1993).

Segundo Scribner e Cole (citados por Domingo, 1987), uma duplicidade de esquemas sem conexão podem facilmente manter-se porque o processo de ensino-aprendizagem concretiza-se “fora de contexto” e o conhecimento que um professor usa na prática está contextualizado. Assim, ainda que a aprendizagem “fora de contexto” favoreça a abstracção, a generalização e a elaboração de amplas categorias conceptuais, há grande probabilidade de que não venha a haver fusão entre as aprendizagens resultantes da experiência e as de âmbito académico.

A única forma de não se produzir a duplicidade de esquemas e de o futuro professor modificar os marcos conceptuais resultantes da sua experiência é, no dizer de Anderson (citado por Domingo, 1987), quando o futuro professor “reconhece uma dificuldade na sua posição actual e se dá conta de que essa dificuldade se pode manejar dentro de um esquema diferente” (p. 224). Isto requer uma dialéctica constante entre o conhecimento que o professor possui e os conhecimentos que vai adquirindo resultantes da prática.

San Martín (citado por Domingo, 1987) demonstrou que a capacidade applicativa (tanto para interpretar como para actuar) dos princípios teóricos a situações de ensino é praticamente nula, quando o processo de aprendizagem desses princípios se realizou apenas de um modo teórico. Se se pretende que tais princípios actuem não só “fora de contexto”, mas também que modifiquem os esquemas reais de interpretação e actuação que o sujeito utiliza verdadeiramente, ou seja, se se trata de ideias para “usar” (interpretar e actuar), só as aprenderá com um sentido de uso quando actuar sobre elas usando-as.

Deixar a aprendizagem da capacidade applicativa e do conhecimento prático, das sucessivas contextualizações e descontextualizações (generalizações), para um

período posterior e à margem da formação teórica, é permitir que recuperem independência e domínio, as formas que se tinham fixado anteriormente às aprendizagens formais, na estrutura mental e no comportamento, pois são essas as que se irão mobilizar num contexto de prática docente.

É fundamental, por conseguinte, que o futuro professor, desde o início da sua formação, possa ter contactos com o mundo do ensino, com diferentes graus de responsabilidade e compromisso, para que se possa dar a mudança dos seus marcos conceptuais prévios acerca do ensino. Só quando todo o ciclo de formação inicial do professor está impregnado de experiências reais de ensino, poderá produzir-se o processo dialéctico pelo qual se geram mudanças conceptuais conduzidas pela análise e a crítica da realidade.

É ao entrar na escola que se dá no professor iniciante/estagiário o confronto entre a imagem estereotipada e idealizada da profissão docente, adquirida ao longo de todo o seu percurso enquanto aluno, e a realidade realmente vivida nas escolas. Esse momento de transição, na passagem de aluno a professor, é na literatura inglesa e alemã denominado de “choque com a realidade”, “choque da transição” e “choque da praxis”. Para Gordon (2000), esse momento “é originado pela constatação, por parte dos professores em início de carreira, do tipo de mundo que anda associado ao ensino e pela falta de preparação destes para muitas das exigências e dificuldades desse mundo” (p. 8).

Os professores estagiários, de acordo com Borko e Shavelson (citados por Domingo, 1987), têm que aprender “a ver-se a si mesmos como pessoas que tomam decisões profissionais de modo razoável, e a examinar o seu próprio pensamento e as suas estratégias de decisão” (p. 225).

O papel do orientador de estágio assume, neste sentido, importância primordial, pois cabe-lhe a ele a tarefa de fomentar no professor estagiário o processo de auto-reflexão. Uma forma de fomentar o espírito de reflexão nos professores es-

tagiários é a realização de estudos interpretativos da sua experiência e do marco escolar e social em que esta se insere.

Um instrumento de trabalho muito interessante para promover a auto-reflexão dos professores estagiários poderia ser a realização de um *diário de aula* no qual descreveriam, após uma reflexão, o modo como decorreu a aula. Ao reflectir quotidianamente sobre a experiência vivida, tornam-na objectiva, fazendo com que os acontecimentos vividos durante o dia tomem ordem e impedindo que se diluam na memória. O dispor da narração dos factos permite-lhes aprofundar a experiência, detectar as insuficiências da sua actuação e as dificuldades na compreensão dos fenómenos, podendo assim reorientar tanto a observação e a análise como a prática. A partir do diário, o orientador de estágio pode ajudá-los, por exemplo, a defrontarem-se com possíveis contradições detectadas e a fazerem recapitulações, balanços e avaliações do seu percurso durante as práticas.

Contudo, McIntyre (citado por Domingo, 1987) defende que o tipo de investigação apenas interpretativa, se bem que seja importante, é insuficiente. É necessário também realizar *investigação em acção* que possa proporcionar informação adequada sobre as consequências de tentar alcançar determinadas metas ou de adoptar certas estratégias de ensino que não se dão normalmente nessa situação.

Para que o professor estagiário possa partilhar, sem receios, os seus pensamentos com os outros professores e sobretudo com o orientador de estágio, é necessário que seja revisto o seu processo de avaliação e que o orientador de estágio, em vez de propor ao professor estagiário um modelo profissional, lhe faça, antes, exigências de reflexão profissional.

Baseando-se o processo de avaliação na qualidade da reflexão realizada pelos professores estagiários, a simbiose entre a teoria e a prática e os primeiros passos para uma transformação pessoal no modo de conhecer e actuar, de uma maneira consciente, controlada e crítica, só poderá realizar-se se existir uma relação de

confiança entre o professor estagiário e o orientador de estágio e se o professor estagiário souber que não arrisca nada por dizer o que pensa e o que sente.

Pelo que foi referido, e atendendo a que não é possível ensinar o *pensamento prático*, a figura do supervisor, orientador pedagógico ou tutor universitário adquirem importância crucial.

O supervisor, orientador pedagógico ou tutor universitário responsáveis pela formação, o mais integral possível, do futuro professor, devem ser capazes de actuar e de reflectir, como já foi dito, sobre a sua própria acção como formadores. Devem perceber que a sua intervenção é uma prática de segunda ordem, um processo de diálogo constante e reflexivo com o professor estagiário sobre as situações educativas. A figura do orientador de estágio, que enquadra professores estagiários nas situações práticas, não pode ser relegada para um papel marginal ou secundário nos programas de formação de professores, ou ser entregue a qualquer professor por uma qualquer razão. Na perspectiva de um ensino reflexivo que se apoia no pensamento prático do professor, a prática e o papel do orientador de estágio são, desse modo, a chave para o sucesso da formação profissional dos professores iniciantes/estagiários.

Para Pérez Gómez (1992), a presença de formadores experientes, que promovam e desenvolvam um ensino reflexivo preocupando-se com a inovação educativa e com a sua própria auto-formação como profissionais, é imprescindível para uma formação de qualidade dos professores estagiários. Estes professores-orientadores devem integrar-se nas Universidades, devem desenvolver projectos de investigação-acção e devem responsabilizar-se pela aprendizagem da *reflexão na e sobre a acção* dos futuros professores.

### 1.1.3. A Natureza do Trabalho Docente

De um modo geral, a grande maioria dos países ocidentais, sem desprezar outros factores inerentes ao bom funcionamento das instituições escolares, desde há alguns anos, e cada dia com maior intensidade, têm centralizado a sua atenção no professor, enquanto profissional responsável pelo tipo e qualidade do ensino, sobretudo em contexto de sala de aula.

A formação de professores, ao longo da sua história, encontra-se profundamente determinada pelas concepções de escola, ensino e currículo prevalentes em cada período histórico. A partir de cada uma das concepções desenvolvem-se imagens e metáforas, com vista a definir o papel do professor como profissional de ensino. São comuns as metáforas do professor como modelo de comportamento, como transmissor de conhecimentos, como técnico, como executor de rotinas, como planificador, como sujeito que toma decisões ou resolve problemas, etc. Estas imagens e metáforas têm ainda por base uma teoria do conhecimento, a sua transmissão e aprendizagem; uma concepção própria interactiva entre a teoria e a prática, entre a investigação e a acção.

A metáfora do professor como técnico tem subjacente o conceito tecnológico da actividade prática do professor, que pretende ser eficaz e rigorosa, no quadro da racionalidade técnica.

A crítica generalizada à racionalidade técnica levou a que surgissem metáforas alternativas sobre a função do professor como profissional: *o professor como investigador na sala de aula, o ensino como arte, o ensino como uma arte moral, o professor como profissional clínico, o ensino como um processo de planeamento e tomada de decisões, o ensino como um processo interactivo, o professor como prático reflexivo, etc.* (Pérez Gómez, 1993).

Apesar de o modelo da *racionalidade técnica* ter sido alvo de muitas críticas, não

significa que se deva abandonar, de forma generalizada, a sua utilização em qualquer situação da prática educativa.

Por vezes, a única forma de intervenção eficaz, em determinadas situações concretas, consiste na aplicação das teorias e técnicas resultantes da investigação básica e aplicada. Não se pode, todavia, considerar a actividade profissional (prática) do professor como uma actividade unicamente técnica. Segundo Pérez Gómez (1992), é mais correcto encarar a actividade profissional (prática) do professor como uma *actividade reflexiva e artística, na qual têm lugar algumas aplicações concretas de carácter técnico*.

No dizer de Yinger (citado por Pérez Gómez, 1992), “o êxito do profissional depende da sua capacidade para manejar a complexidade e resolver problemas práticos, através da integração inteligente e criativa do conhecimento e da técnica” (p. 102). Esta capacidade é também designada por *conhecimento prático*.

Nesta nova concepção da actividade profissional (prática) do professor, o modelo da *racionalidade técnica* é substituído pelo modelo da *racionalidade prática*. Segundo este último, o professor deixa de ser olhado como um simples “executor” e “aplicador” de conhecimentos já elaborados, passando a ser visto, como diz Schön (citado por Pérez Gómez, 1992), como um *prático reflexivo*, isto é, como alguém que olha para si próprio e encontra as razões do que faz, como alguém que planifica e toma decisões, num meio ecológico complexo, num cenário psicológico vivo e mutável, definido pela interacção simultânea de múltiplos factores e condições.

Para compreender melhor esta nova concepção da prática profissional do professor, é necessário e fundamental distinguir três conceitos que constituem o *pensamento prático* do professor: *conhecimento-na-acção*, *reflexão-na-acção* e *reflexão sobre a acção e sobre a reflexão-na-acção* (Schön, citado por Pérez Gómez, 1992).

O *conhecimento-na-acção* (conhecimento técnico ou resolução de problemas, segundo Habermas) é o conhecimento implícito na actividade prática. Como diz Pérez Gómez (1992), “é o componente inteligente que orienta toda a actividade humana e se manifesta no *saber fazer*” (p. 104). Para Argyris (citado por Pérez Gómez, 1992), “saber fazer e saber explicar o que se faz (o conhecimento e as capacidades que cada um utiliza na acção) são duas capacidades intelectuais distintas” (p. 104).

A *reflexão-na-acção* (deliberação prática, segundo Habermas) consiste em pensar sobre o que se faz ao mesmo tempo que se actua. No processo de *reflexão-na-acção* o professor não pode limitar-se a aplicar as técnicas e os métodos de investigação que lhe foram ensinados teoricamente, deve também aprender a construir e a comparar novas estratégias de acção, novas fórmulas de pesquisa, novas teorias e categorias de compreensão, novos modos de enfrentar e definir os problemas.

A *reflexão sobre a acção* (reflexão crítica, segundo Habermas) pode considerar-se como sendo a análise que o professor realiza *a posteriori* sobre as características e processos da sua própria acção. Na reflexão sobre a acção, o professor, como profissional prático, liberto dos condicionamentos da situação prática, pode aplicar os instrumentos conceptuais e as estratégias de análise, no sentido da compreensão e da reconstrução da sua prática.

Estes três processos que constituem o *pensamento prático* do professor são dependentes uns dos outros e completam-se de forma a garantir-lhe uma intervenção prática e racional.

O profissional competente actua reflectindo na acção, experimentando, corrigindo e inventando através do diálogo que estabelece com a realidade, cria e constrói novos marcos de referência, novas formas e perspectivas de perceber e de reagir, isto é, cria e constrói uma nova realidade.

Ensinar significa, por vezes, reagir com uma grande “dose de precisão”, perante situações imprevistas e “sair delas” da melhor forma possível. Significa muitas vezes tirar o melhor partido do imprevisto para atingir o fim educativo desejado.

Assume, deste modo, a reflexão do professor sobre a sua prática uma grande importância. Mas afinal o que é um professor reflexivo? Onde se há-de centrar a sua reflexão? No próximo ponto do trabalho tentaremos, de algum modo, contribuir para possíveis respostas a tão complexas questões.

## **1.2. O PROFESSOR ENQUANTO PROFISSIONAL REFLEXIVO**

### **1.2.1. O Conceito de Ensino Reflexivo**

#### **1.2.1.1. *Níveis de Reflexão***

Van Manen (citado por Goodman, 1987) distingue três níveis de reflexão: o primeiro nível tem a ver com as técnicas precisas para alcançar determinados objectivos. Os critérios de reflexão limitam-se a temas tecnológicos (por exemplo, rentabilidade profissional, eficácia e eficiência). Neste nível de reflexão os professores preocupam-se, por exemplo, “com o que funciona” para manter os seus alunos em silêncio e trabalhando.

No segundo nível de reflexão os professores passam a centrar-se, por exemplo, na relação entre os princípios e a prática educativa. Este nível de reflexão inclui em si mesmo a necessidade de avaliar as consequências e implicações educativas das acções e crenças por parte do professor. A reflexão recai, portanto, sobre os princípios e objectivos educativos.

O terceiro nível de reflexão incorpora diferentes posições morais e políticas rela-

tivas ao discurso educativo. Princípios como a justiça, a igualdade e a emancipação são utilizados como critérios no debate sobre o valor dos objectivos e da prática educativa. Neste nível os professores podem, por exemplo, reflectir sobre a conexão existente entre a vida da aula, as forças e as estruturas sociais implicadas na mesma. Passam a considerar as implicações morais e sociais nas ocorrências em contexto de sala de aula.

Ao desenvolver-se uma teoria sobre a reflexão e a formação de professores, torna-se crucial clarificar a importância dada à própria reflexão.

### 1.2.1.2. *O Processo de Reflexão*

Dewey (citado por Goodman, 1987) assinala claramente que a reflexão não diz respeito a um só método de resolução de problemas, mas sim a toda uma forma de ser ou de pensar: “no es la cosa hecha, sino la calidad de pensamiento que se desprende de esta realización la que determina lo que es utilitarista y lo que es ilimitado y creativo” (p. 235).

Goodman (1987), ao desenvolver a sua teoria sobre o processo de reflexão, aborda três “formas de pensar”, com o objectivo de dissipar algumas dúvidas que envolvem o conceito de reflexão:

***Pensamento Rotineiro.*** A primeira forma de pensar está em oposição directa com a reflexão. Dewey (citado por Goodman, 1987) fala de *pensamento rotineiro*. As escolas, como tantas outras instituições, têm influência sobre os indivíduos, estabelecendo modelos pré-determinados de comportamentos, atitudes e ideias. O professor que pensa de forma rotineira guia-se pela tradição, a autoridade e as definições oficiais da realidade social, que constantemente aplica a situações mais ou menos concretas.

***Pensamento Racional.*** Com frequência, vem à nossa mente a imagem do profes-

sor (ou do estudante) que processa de modo lógico, sequencial e ordenado a informação, não se limitando a aceitar opiniões externas sobre a realidade, mas antes a seleccionar a informação pertinente e a adoptar uma decisão sobre um pensamento meticulosamente dedutivo.

O pensamento racional implica a organização da informação, a selecção de categorias, a dissecação do todo nas suas componentes, a progressão sequencial do pensamento, o espírito crítico acerca do que é exacto e o emprego de sistemas linguísticos explicativos.

***Pensamento Intuitivo.*** Este tipo de pensamento implica a existência de imaginação, humor, associações não racionais, emoções, integrações e sínteses, percepções holísticas, sensibilidade, compreensão tácita e expressão do pensamento não sequencial.

Um bom ensino requer atitudes espontâneas para evitar uma excessiva dependência dos manuais, de materiais e de estratégias pré-estabelecidas, bem como horários e procedimentos estandardizados. Em vez de se basear numa planificação pré-estabelecida de um modo mais ou menos rígido, que determina a actividade na aula, a intuição permite “pensar em acção”. Como assinala Dewey (citado por Goodman, 1987): “La intuición suele marcar la diferencia entre el pensador artístico y el falso intelectual” (p. 238).

Os relâmpagos de inspiração e de poder criativo são algo de importante, mas não menos importante é, todavia, levar à prática ideias novas, para o que se requer uma planificação definida e uma série de decisões racionais. As pessoas mais reflexivas parecem mostrar-se em vez de racionais e intuitivas, maduras, alegres e sérias. Podem deixar-se levar pela encenação e voltar de imediato à realidade; graças a isso, adquirem um maior controlo e consciência das suas acções e ideias.

### 1.2.1.3. *Atitudes Reflexivas*

Dewey assinala três atitudes que constituem requisitos prévios do ensino reflexivo.

A primeira é designada por *abertura de espírito* (segundo Zeichner, 1993) ou *abertura de pensamento* (segundo Goodman, 1987), referindo-se ao desejo activo de se ouvir mais do que uma única opinião, de analisar os dados seja qual for a sua fonte de proveniência, de prestar uma absoluta atenção às possibilidades alternativas de reconhecer a possibilidade de erro, inclusive nas nossas crenças mais arraigadas.

A segunda atitude é a que poderíamos chamar de *responsabilidade* (segundo Zeichner, 1993) ou *atitude de resposta* (segundo Goodman, 1987); esta implica a ponderação cuidadosa das consequências de uma dada acção. Os professores e estudantes que sustentam esta atitude questionam-se frequentemente sobre o que fazem, de modo que transcendem questões de utilidade imediata. Não chega ter uma mente aberta a grande variedade de ideias, tem que existir uma vontade de as sintetizar, de encontrar o sentido de uma situação e de aplicar uma informação numa determinada direcção. Esta atitude induz a considerar as consequências e implicações da actividade na sala de aula, leva os professores a pensar por exemplo de que maneira algo está a resultar e para quem. Ao elaborar as suas ideias, os professores e os estudantes reflexivos tomam em consideração as implicações educativas, psicológicas e sociais da vida escolar.

A última atitude descrita por Dewey é designada por *sinceridade* (segundo Zeichner, 1993) ou *entusiasmo* (segundo Goodman, 1987). Esta atitude diz respeito à abertura de espírito e à responsabilidade que devem ser as componentes centrais da vida do professor reflexivo, que tem de ser também responsável pela sua própria aprendizagem. Contudo, muitos professores iniciantes podem mostrar-se demasiado receosos ou inseguros para serem reflexivos. Receiam que, ao serem

criativos e inovadores no modo como conduzem as actividades curriculares e extra-curriculares, apesar de pensarem que os alunos poderiam beneficiar dessa sua atitude, não possam cumprir um determinado programa curricular, resultando daí problemas para o seu próprio desempenho e avaliação.

Muitos professores iniciantes expressam receio de cometer erros, de ser objecto de críticas, de ser “diferentes”, de perturbar as tradições e introduzir mudanças não muito bem aceites pela comunidade escolar. De facto, ser professor estagiário implica um determinado esforço e capacidade de adaptação que muitas vezes não é fácil, tal como o ilustram as seguintes palavras de Calderhead (1991):

Being a student teacher is a stressful process. The task of teaching exposes one's personality in a way that most other occupation do not. The student teacher is constantly being watched by children, teachers, and college tutors. As a student teacher, there is constant feedback both explicit and implicit about one's performance of the task and also about oneself as a person. Coping with the task of teaching and with the stresses of becoming a teacher require the development both of self-knowledge and of self-confidence in student teachers. (p. 533)

Em síntese, a reflexão é uma actividade que, muito mais que dedicar uns minutos a pensar sobre o modo de manter “os alunos calados e trabalhando”, implica uma “certa forma de se ser” dinâmico na sala de aula.

Parece, assim, imprescindível adoptar certas atitudes que mostrem realmente uma atitude reflexiva por parte do professor. Se a reflexão pretende ser um objectivo importante a alcançar com alunos e com professores experientes, é provavelmente no âmbito de formação de professores que o conceito que se tenha acerca da actividade reflexiva deva atingir a sua amplitude e expressão máxima.

### 1.3. A FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR E O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO SEU CONHECIMENTO

Actualmente, a formação de professores tem sido tema de grande controvérsia, de tal modo que em muitos países têm sido constituídas, a nível governamental, comissões encarregues de redigir relatórios-diagnóstico da situação e de elaborar propostas de actuação e reforma dos sistemas de formação de professores, frequentemente considerados demasiado curtos, inadequados, inadaptados, insuficientes e antiquados (Perrenoud, 1993). Paralelamente, muitos são os seminários, congressos, conferências e publicações que se têm debruçado sobre esta problemática.

Ao longo das últimas décadas, a formação de professores tem abrangido, normalmente, duas componentes básicas, nem sempre interligadas como seria desejável:

- Uma componente do domínio das ciências da especialidade - componente *científico-cultural*, que visa assegurar o conhecimento dos conteúdos específicos a ensinar.
- Uma componente do domínio das ciências da educação - componente *psicopedagógica*, que procura ensinar como actuar adequadamente e eficazmente em contexto escolar, nomeadamente em cenário de sala de aula.

Na componente psicopedagógica é importante distinguir duas fases: uma refere-se à aquisição de conhecimentos sobre os princípios, leis e teorias que explicam os processos de ensino-aprendizagem e oferecem normas e regras para a sua aplicação racional. A outra corresponde à aplicação na prática, real ou simulada, das referidas normas e regras, de forma a que o professor adquira as competências e aptidões consideradas necessárias para poder intervir e agir eficazmente.

Partindo do pressuposto que a investigação académica contribui, de facto, para o desenvolvimento de conhecimentos profissionais úteis; entendendo-se que o conhecimento profissional pode ser concebido como um conjunto de factos, princípios, regras e procedimentos que se aplicam directamente a problemas instrumentais (Pérez Gómez, 1992), que preparam os futuros professores para os problemas e exigências das realidades escolares e sobretudo das realidades da sala de aula, a maioria das instituições de ensino que ministram cursos de formação de professores apoia-se, em maior ou menor grau, no modelo da *racionalidade técnica*.

Como antes se assinalou, segundo este modelo, a actividade profissional é sobretudo instrumental, dirigida para a resolução de problemas, mediante a aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas. No quadro desse modelo, a prática situa-se, preferencialmente, no final do currículo do curso, de modo a possibilitar ao futuro professor uma aplicação dos conhecimentos adquiridos durante um período mais ou menos longo.

Deste modo, tem sido evidente o conseqüente afastamento entre a investigação académica e a prática quotidiana (Tom, citado por Pérez Gómez, 1992). Segundo Giméno e Fernández (citados por Domingo, 1987), na habitual formação de professores verifica-se uma nítida dissociação entre a teoria e a prática. Normalmente, o período de práticas de ensino é um período independente, claramente diferenciado e sem, ou muito pouca, conexão com as restantes actividades de formação (aulas essencialmente teóricas).

Embora a investigação básica especializada seja imprescindível, é necessário desenvolver paralelamente outros programas de investigação centrados nas exigências e problemas resultantes das situações práticas.

Por outro lado, o conhecimento profissional teórico só de modo muito limitado pode orientar as situações que ocorrem na prática pois, sendo grande o abismo

que normalmente separa a teoria e a prática, tal conhecimento apenas pode sugerir regras de actuação para situações prototípicas da realidade escolar, efectivamente, difíceis ou mesmo impossíveis de encontrar, no quotidiano educativo da sala de aula e da escola.

Não admira, por isso, que muitos sejam os professores iniciantes que, nos primeiros tempos da sua actividade profissional, considerem inúteis os conhecimentos que possuem ao enfrentarem situações educativas reais, que se apresentam, frequentemente, como casos únicos, não enquadráveis nas categorias genéricas identificadas pela técnica e pela teoria que lhes foram ensinadas.

Segundo Doyle (citado por Domingo, 1987), as estratégias de ensino que o professor desenvolve na sala de aula são inúmeras vezes pessoais e, de certo modo, “intransferíveis”, pois são produto de integração de uma série de juízos de valor e decisões aplicadas a um caso particular em que se adopta não só uma série de opções e pontos de vistas pessoais de teor profissional (concepção de ensino, de aprendizagem ou de atribuições), mas também modos próprios de pensar e de ser (ideologia, carácter, atitudes físicas e intelectuais). Elliott (citado por Domingo, 1987) advoga que a qualidade daqueles juízos depende da qualidade da reflexão prévia sobre a situação e que esta reflexão exige um “conhecimento profissional”.

*Mas qual é o conhecimento profissional que um professor utiliza?*

*É um conhecimento teórico que aprende durante o seu período de formação académica?*

Jackson (citado por Domingo, 1987) refere que este conhecimento tem características “especiais”. Segundo Elbaz (citado por Domingo, 1987), os professores têm um conhecimento orientado para a prática que usam activamente para dar forma e dirigir o trabalho de ensino. É um *conhecimento prático*. No dizer do mesmo autor,

los profesores poseen y usan su conocimiento de un modo peculiar, e esa posesión y uso lo señala como “conocimiento práctico” (más allá del hecho de que mucho de lo que el profesor sabe se origina en la práctica) ... El conocimiento del profesor es algo dinámico adquirido en relación activa con la práctica y usado para dar forma a esa práctica. (p. 220)

É, portanto, um conhecimento de elaboração própria que integra todo o conhecimento teórico que o professor possui, traduzindo-o “em termos de valores e crenças” (Elbaz, citado por Domingo, 1987).

Sabe-se pouco, todavia, sobre o modo como se elabora este conhecimento. Elliott (citado por Domingo, 1987) defende que é a partir das “destilações retrospectivas da experiência” até constituir generalizações. Estas generalizações seriam relações entre factores que parecem repetir-se em situações práticas com um grau razoável de frequência. O conhecimento que o professor constrói da turma é, em muito, o produto da elaboração mental que este faz da experiência que vive inter-activamente.

Esta experiência ordena-se formando esquemas que reflectem a estrutura de sucessos da turma. Os esquemas da turma permitem ao professor entender o ambiente em que se move, ou seja, reconhecer e interpretar sucessos e prever estados possíveis e direcções da sua actividade profissional. Mas a elaboração dos referidos esquemas depende não só da experiência que o professor vive e da interpretação que faz dela, mas também da estrutura conceptual prévia de explicação da aula em que estes esquemas se inserem. Se, como deve acontecer, o conhecimento prévio de que o professor dispõe, produto da sua etapa formativa, não é relevante para as características da vida da aula, terá que substituí-lo por aquelas referências conceptuais que o ajudem a ordenar a experiência e por uma, mais ou menos penosa, aprendizagem por ensaio-e-erro. Por outro lado, o conhecimento do futuro professor adquirido durante os anos escolares, anteriores ao estágio pedagógico, pode não estar bem adaptado ao melhor modo de ensinar, como, aliás, se pode deduzir da seguinte passagem de Calderhead (1991):

Student teacher's knowledge, however, may not be well adapted to teaching. The knowledge with which student teachers embark upon training may not be the most useful when it comes to decisions about classroom practice. Their knowledge has been extracted from their experience as a student, and has been acquired from a student perspective. For example, student teachers' knowledge has been found in some cases to be quite crude and contrasts sharply with the knowledge contained in the formal teacher education curriculum. It is not uncommon, for instance, for student teacher to think of teaching as felling and showing, learning as memorising, and to perceive subjects like mathematics as calculation, or science as the doing and writing up of experiments. Such conceptions have frequently been identified and indicate students' difficulty in appreciating the complexity of teaching and learning in classrooms, possibly impeding attempts in teacher education to develop more sophisticated notions of teaching and learning processes. (p. 532)

De onde procedem essas referências conceituais é algo já variável em cada sujeito. Dependem das circunstâncias situacionais e pessoais do professor, ao ter que elaborar juízos e decidir estratégias de ensino; da experiência que lhe é fornecida pela sua própria actuação; e também, da aplicação do conhecimento adquirido durante a sua formação, ao que recorrerá como categorias provisionais. Doyle (citado por Domingo, 1987) acrescenta, ainda que, mesmo que se possa dispor de um conhecimento proposicional válido, adquirido anteriormente, requer-se a experiência da sala de aula para o poder compreender.

O *pensamento prático* do professor não pode, assim, e em certo sentido, ser ensinado, mas pode ser aprendido. Aprende-se fazendo e reflectindo *na e sobre a acção*, naquilo a que Shulman (1987) se refere com a expressão: "learning by doing". Neste processo, o papel do orientador de estágio é de suma importância pois, como responsável pela formação prática e até certo ponto, teórica do futuro professor, deve ser capaz de actuar e reflectir sobre a sua própria acção como orientador para que, através de uma reflexão conjunta (e recíproca), possa apoiar e desenvolver o seu pensamento prático e o do professor estagiário.

Ganham, neste contexto, especial importância os *portfolios reflexivos*, enquanto instrumentos de reflexão ao serviço da formação inicial do professor, capazes de trazer para a cena da formação, de uma forma metódica, a dimensão reflexiva como uma importante mais-valia para a formação do professor iniciante (Sá-

-Chaves, 2000).

Pérez Gómez (1992) defende, a propósito, que o profissional reflexivo constrói de forma holística o seu próprio conhecimento profissional, o qual incorpora e transcende o conhecimento emergente da racionalidade técnica.

No modelo de formação de professores como artistas reflexivos, a *prática* adquire o papel central de todo o currículo académico. A prática deve, assim, permitir e promover o desenvolvimento das capacidades e competências implícitas no *conhecimento-na-acção* (próprio desta actividade profissional), das capacidades, conhecimentos e atitudes em que assenta tanto a *reflexão-na-acção*, como o *conhecimento-na-acção* e ainda a *reflexão sobre a acção* e *sobre a reflexão-na-acção*. Todas estas capacidades, competências, conhecimentos e atitudes não dependem da assimilação do conhecimento académico, mas sim do conhecimento obtido em diálogo com as situações divergentes da realidade, pois só a partir dos problemas concretos, suscitados pela prática quotidiana, é que o conhecimento académico teórico pode tornar-se útil e significativo para o jovem professor.

Como afirma Perrenoud (1993), seria de todo inútil fornecer aos futuros professores uma longa lista de incidentes ou de acontecimentos possíveis, cada um acompanhado pela reacção mais aconselhada a desencadear. A forma como os acontecimentos têm lugar impede, muitas vezes, que se faça uma aproximação com um “caso de escola”. A reacção apropriada por parte do professor depende de muitos elementos que só se podem avaliar *in situ*. Aliás, isto mesmo nos é dito por Calderhead (1991) na seguinte asserção: “prototypical knowledge does not exist as a series of recipes, but as a body of knowledge that helps teachers to identify significant features in their environment and to reason about possible responses to it” (p. 532).

O profissional consciente mobiliza a todo o momento um grande capital de “saberes”, de “saber-fazer” e de “saber-ser” que não estagnou, mas antes cresce

constante e progressivamente, acompanhando a experiência e sobretudo a reflexão sobre a experiência.

A reflexão sobre a própria prática constitui em si mesma um motor para a inovação. Trata-se de aprender, reflectindo, a utilizar os resultados do conhecimento, mas sobretudo a promover uma aquisição de métodos que facilitem a observação, a análise de rotinas e de problemas, a afinação e a experimentação de alternativas, tal como assinala Perrenoud (1993):

É necessário romper com a lógica tradicional das escolas normais, deixar de interiorizar modelos didácticos ortodoxos para desenvolver mais a capacidade de adaptar ou de inventar sequências didácticas e estratégias de ensino à medida das necessidades.

Isto não quer dizer que a formação deva ser, acima de tudo, conceptual ou metodológica. É evidente que o professor principiante deveria dominar suficientemente os gestos *professionais* para se sentir à vontade numa sala de aula e, conseqüentemente, ser capaz de progredir e de aprender. (p. 148)

Em nossa opinião, a formação poderá oferecer ao professor iniciante a possibilidade de novas apropriações, promovendo a receptividade a vários modos de gestão da sala de aula, de regulação das aprendizagens, estimulando o hábito de trabalhar em equipa, de observar, de questionar, de imitar inteligentemente, graças a uma interacção com outros professores em estádios de desenvolvimento parecidos e, sobretudo, com um professor mais experiente - o orientador de estágio. Em síntese, a formação deverá, assim, estimular a metacomunicação, a divisão do trabalho, a negociação, a gestão das diferenças e dos conflitos.

Não se trata, contudo, de desenvolver apenas os “saber-fazer” que subjazem a todo o trabalho cooperativo, no quadro de um estabelecimento de ensino. Gather Thurler (citado por Perrenoud, 1993) defende que, embora estes “saber-fazer” sejam necessários, a sua construção não faz sentido enquanto o professor relear o trabalho em equipa e considerar a cooperação com outros intervenientes do processo educativo, sobretudo com os colegas, uma perda de tempo ou de autonomia.

Vonk (citado por Perrenoud, 1993) refere a propósito: “numerosos professores têm ainda a tendência para preferir brincar aos reizinhos nos seus reinos - as salas de aula - em vez de partilhar o conhecimento, a prática e a responsabilidade com colegas, pais e estudantes” (p. 184).

A formação inicial não pode, por si só, inverter esta tendência. Pode, no entanto, esforçar-se por tornar estas atitudes mais raras entre os novos professores.

É evidente que os estabelecimentos de ensino e as equipas pedagógicas, sobretudo os orientadores de estágio, desempenham um papel importante na socialização dos novos professores.

Neste sentido, importa tornar familiar aos futuros professores uma *cultura de cooperação*. Torna-se, para tal, necessário fazer constar no currículo de formação de professores o nível de *organização escolar* dos estabelecimentos de ensino, de forma a que os futuros professores adquiram uma formação de orientação psicossociológica, que lhes forneça algumas bases para compreenderem, do ponto de vista prático, os fenómenos de comunicação, de animação, de dinâmica de grupos, de poder, de decisão e de inovação.

Tudo isso, em suma, no sentido de o professor iniciante/estagiário, apesar dos momentos de insegurança, dificuldades, problemas um pouco frustrantes, ansiedade, isolamento e perda de entusiasmo, poder sentir a satisfação e o prazer de ter uma profissão criativa e gratificante (Machado, 1996). Profissão essa que lhe permitirá, logo desde o início, a assunção de responsabilidades, sentir-se útil, tomar decisões, afirmar-se e realizar uma série de contactos interpessoais que certamente se revelarão extremamente enriquecedores e promotores do seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o factor singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

Ausubel (1978)

## Capítulo 2

### O PROFESSOR DE CIÊNCIAS

## 2.1. TENDÊNCIAS PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS: BREVE RETROSPECTIVA HISTÓRICA

O ensino das ciências tem vindo a sofrer grandes alterações ao longo das últimas décadas, graças ao poderoso avanço da ciência e do conhecimento científico, suportado por alterações de carácter sócio-cultural, político, económico e tecnológico. Como consequência, a aprendizagem das ciências tem vindo a ser cada vez menos entendida como um acumular de conhecimentos, identificando-se, pelo contrário, cada vez mais, com o saber pensar, o que envolve uma adequada utilização do conhecimento científico.

No período que se seguiu à Segunda Guerra Mundial, fundamentalmente nos Estados Unidos da América (EUA) e em alguns países da Europa, verificando-se, de facto, um notável progresso social, com grandes repercussões a todos os níveis da sociedade, incluindo a escola e os seus currículos escolares, principalmente os de ciências (Cid, 1995). Desde então, os *currícula* de ciências têm sido não só relevados, como também objecto de alterações mais ou menos profundas em quase todos os países do mundo, incluindo o nosso País. Desse modo e segundo Trindade (1996):

Os sistemas educativos das sociedades modernas reservam um lugar de destaque ao ensino das ciências. Fazem-no porque crêem que este ensino pode contribuir para a formação dos jovens numa perspectiva dupla: por um lado, fornece-lhes os conhecimentos básicos julgados necessários, não só para compreenderem melhor a sociedade tecnológica em que vivem e o papel nela desempenhado pela ciência, mas também para o desempenho de determinadas tarefas, mais ou menos especializadas que a integração na mesma sociedade requer; por outro lado, permite-lhes o desenvolvimento de certas capacidades e atitudes que permitirão o seu crescimento como indivíduos e cidadãos livres e responsáveis. De entre estas últimas destaca-se o desenvolvimento da atitude científica, pois é considerada de alto valor formativo, não só a nível pessoal, mas também para o futuro profissional e cidadão. (p. 34)

Tem havido, assim, um certo consenso em considerar que a *aquisição e desenvolvimento, pelos alunos, de conhecimentos, competências e atitudes científicas,*

se tem constituído como a grande finalidade para o ensino das ciências, hoje também impregnada pela questão dos valores.

No entanto, e fazendo uma curta retrospectiva histórica, no que tem sido o ensino das ciências nas últimas décadas, constatamos que foi marcado, genericamente, por duas grandes reformas ao nível do desenvolvimento curricular. A primeira ocorreu nos anos sessenta e setenta e a segunda nos princípios dos anos oitenta. Na origem destas reformas, e tal como sustenta Izquierdo (1996), estiveram concepções epistemológicas e filosóficas de ciência diferentes: o *empirismo-racionalismo* e o *construtivismo*, respectivamente.

De facto, os últimos anos da **década de cinquenta** assinalaram o fim de um longo período de estabilidade nos currículos de ciências e o início de um *Movimento de Reforma* nesse âmbito. Este movimento surgiu como resposta às críticas feitas, quer pela comunidade, em geral, quer pela comunidade científica, em particular. Enquanto que nos EUA foi a comunidade de cientistas que teve a iniciativa do movimento de reforma, na Europa ocidental tal movimento foi induzido sobretudo por associações de professores.

Na opinião dos cientistas, os currículos de ciências não estavam adaptados aos alunos e não correspondiam às necessidades da sociedade. Por outro lado, constatou-se que os manuais não tinham mudado desde o início do século; que a formação académica e pedagógica dos professores não era a melhor; que a ciência continuava a ser apresentada como um conjunto de factos inalteráveis; que a atitude de descoberta estava ausente do ensino das ciências, etc. Impunha-se, por isso, uma urgente actuação, com vista a diversas alterações curriculares, capazes de garantir uma educação em ciências para todos os cidadãos, no sentido de preparar os jovens para um mundo sujeito a rápidas e profundas mudanças.

Deste modo, a apresentação da ciência de uma forma compartimentada e como um conjunto de disciplinas de investigação, a ênfase dada ao trabalho de pesquisa

desenvolvido pelo aluno de acordo com os estilos de trabalho dos cientistas e a apresentação da ciência como uma tarefa inacabada passaram a ser as principais características dos “novos” currículos de ciências.

Foram particularmente os países anglo-saxónicos industrializados que empreenderam uma campanha em prol da melhoria do ensino das ciências e que deram origem a uma notória renovação curricular a partir dos anos sessenta. É assim que, para Tamir (citado por Oliveira, 1993), as razões que levaram a empreender profundas reformas no ensino das ciências foram fundamentalmente as seguintes:

- A constatação de que os programas dos anos sessenta não atraíam a grande maioria dos alunos, conduzindo mesmo a um desinteresse em relação à aprendizagem das ciências.
- O reconhecimento de que aqueles programas não teriam dado qualquer atenção à utilização e à aplicação do conhecimento científico na vida quotidiana, nem fornecido oportunidades para se poderem tomar decisões socialmente relevantes e para se formarem juízos éticos.
- O aparecimento de uma nova linha de investigação, incidindo nas *concepções alternativas* dos alunos, que emergiu e se desenvolveu desde o princípio dos anos setenta. (p. 75)

De acordo com Driver e Erickson (citados por Oliveira, 1993), a última razão acima referida tem apelado para uma crescente necessidade de um desenvolvimento curricular que tenha em consideração as *concepções alternativas* dos alunos, por forma a que se estructurem as tarefas de aprendizagem de modo a promover autêntica *mudança conceptual* e a facilitar uma aprendizagem significativa. Já as outras razões apontam, segundo Aikenhead e Bybee, citados pelo mesmo autor, para um ensino centrado nas interações Ciência-Tecnologia-Sociedade (interacções CTS).

No entanto, e segundo Novak e Gowin (1984):

Much of the educational reform movement of the late 1950s and 1960s was an attempt to get away from rote learning in schools by advancing instructional programs that encouraged discovery, or inquiry learning. Well intentioned as these

efforts may have been, they did little to increase the meaningfulness of school learning. (p. 7)

Nos **anos setenta** surgiu toda uma série de novos projectos para o ensino e aprendizagem das ciências, com o principal objectivo de tornarem possível a aquisição de conhecimentos, particularmente por parte dos alunos, para quem os projectos desenvolvidos nos anos sessenta se tinham revelado pouco produtivos. Nesta década, os projectos curriculares que tiveram mais influência nos nossos programas curriculares foram o americano *BSCS* (Biological Science Curriculum Study) e os projectos da *Fundação Nuffield*, com origem no Reino Unido.

O que parece ter, em síntese, caracterizado os projectos curriculares das décadas de sessenta e setenta, foram, segundo Santos (1991), principalmente as seguintes *tendências metodológicas*:

- *Ao nível da transmissão dos conteúdos científicos*, houve a introdução de novos tópicos programáticos, tendo-se dado maior importância a *conceitos científicos* considerados essenciais e fundamentais. Procurou-se, que o ensino reflectisse a estrutura da ciência em estudo, partindo do princípio de que cada disciplina se caracteriza por uma estrutura que define as necessárias relações entre os conceitos. Bruner (citado por Santos, 1991), cujos trabalhos no âmbito da psicologia marcaram profundamente este movimento de reforma, enfatizando a importância da *aprendizagem da estrutura do assunto - AEA*, afirma, nesse contexto: “captar a estrutura do assunto em estudo é compreendê-lo de modo que permita relacionar de maneira significativa, muitas coisas com ele; aprender estrutura é pois aprender como as coisas se relacionam” (p. 29).
- *Ao nível dos processos científicos*, passou-se a considerar fundamental que os conhecimentos científicos se ensinassem seguindo o designado “*método científico*”, suportado por um “*ensino por inquérito*”. Procurou-se levar os alunos a trabalhar de acordo com o modo de trabalho dos cientistas e ainda que

as suas *aprendizagens* fossem *guiadas pela descoberta* - APD. A ideia era levar os alunos a descobrir os conceitos por si mesmos, a partir da interpretação directa de factos, muito na linha de perspectivas empiristas/indutivistas.

- *Ao nível dos objectivos a atingir*, este movimento de reforma do ensino das ciências enquadrou-se na tendência pedagógica de uma *aprendizagem por objectivos* - APO, baseada no pressuposto de que a acção educativa deve subordinar os meios aos fins e, sobretudo, pensar nos resultados.

A reforma curricular assim configurada acabou por criar nos mais entusiastas da mudança grandes expectativas, associadas à convicção de que um maior envolvimento do aluno nas actividades de aprendizagem orientadas para a descoberta pudesse de facto, trazer uma aprendizagem mais rica e um maior e mais significativo desenvolvimento intelectual (Santos e Praia, 1992).

Por outro lado, com a reforma levada a cabo naquela época, e assinalando um aspecto positivo, foi possível trazer a primeiro plano a ciência como modo de pensar; isto é, “a ciência é vista não apenas como um corpo de conhecimentos, mas como um modo de pensar. São preferencialmente os processos científicos e não os produtos que devem impregnar o currículo” (Valente, 1980, p. 3).

Acrescenta ainda O. Valente (1980):

O entendimento da natureza da ciência enquanto modo de pensar só é possível se assimilado no viver de cada aula que se integra em todo num currículo criteriosamente organizado, com o objectivo de reforçar a aquisição e o treino das principais operações mentais utilizadas pelos membros da comunidade científica, na sua contínua e persistente busca de ordem e unidade. E quanto aos conteúdos programáticos, que se escolham tendo em conta que devem permitir o exercício deste tipo de actividades. (p. 4)

Deste modo, foi preconizado o abandono das perspectivas tradicionais que davam relevância ao conhecimento mais factual, apresentando a ciência como um corpo de conhecimentos que chegava ao aluno de forma transmissiva e era aprendida de um modo rotineiro e mecanizado. Defendeu-se, pelo contrário, que o conteúdo da

ciência escolar já não deveria estar nos livros, mas no mundo, nos fenómenos físico-naturais.

Com esta mudança de paradigma, pretendia-se, afinal, levar o aluno a abandonar uma aprendizagem aparentemente passiva, promovendo o desenvolvimento das suas competências de pensamento e a capacidade de construir o seu conhecimento científico, nomeadamente a partir do trabalho experimental.

Apesar de os fundamentos e pressupostos que estiveram na base de tal movimento serem, na sua essência, positivos, os resultados obtidos acabaram, no entanto, por ser pouco favoráveis, dando origem a fortes controvérsias e fortes críticas àquele tipo de práticas.

É assim que, nos **anos oitenta**, se vem a realizar uma análise crítica extensiva à pedagogia do conhecimento científico desenvolvida nas duas décadas anteriores, tendo-se concluído que na prática se tinham enfatizado em demasia as capacidades de raciocínio científico e os processos, acabando por ficar os conteúdos científicos com um papel secundário (Santos e Praia, 1992).

Por outro lado, havia-se dado especial importância ao envolvimento dos alunos nas acções, para que utilizassem o “raciocínio científico”, fazendo perguntas, manipulando materiais, observando fenómenos e inventando explicações para responderem às suas próprias questões (De Corte et al., 1996). No entanto, acabou por se constatar que a uma maior actividade por parte do aluno, sobretudo motora, não correspondia correlativa actividade intelectual, essencial para a aprendizagem das ciências. O ensino das ciências entrava, desse modo novamente em crise, particularmente a nível de investigação no domínio, ou seja, numa crise de ordem fortemente paradigmática.

Paralelamente a uma fase de criticismo sobre tais tendências metodológicas, surgiram uma série de trabalhos de investigação sobre as metodologias então seguidas, no sentido de conhecer a profundidade do seu impacte junto dos alunos, sen-

do as conclusões das investigações pouco animadoras. Mialaret (citado por Santos, 1991) fala, a esse respeito, de um “trágico balanço” e Shayer, citado pela mesma autora, refere:

Os anos sessenta deixaram-nos com muitos mitos não testados sobre os propósitos do ensino das ciências. Não temos a certeza se devemos ensinar para os *factos*, para o conteúdo da disciplina, para a sua estrutura conceptual, ou para o processo da ciência. (p. 31)

Muitas críticas então surgidas faziam notar que não se tinha registado, com tais propostas, desenvolvimento conceptual significativo nos alunos (Driver e Oldham, 1995). Durante muitos anos havia prevalecido, por outro lado, uma imagem empirista-indutivista da ciência, fazendo-se passar a mensagem errónea de que a teoria se constrói a partir da experiência imediata e da observação directa da prática. Ausubel (citado por Santos, 1991) aparecia como um dos autores mais críticos nesse aspecto, tendo posto em causa a APD, contestando a pouca atenção dada por esta a conteúdos graduados e sistematicamente organizados. Foi, em concreto, especialmente crítico para com as actividades práticas nas quais os alunos seguiam protocolos nos laboratórios e eram lançados à descoberta de resultados já esperados, que nem sabiam interpretar nem compreendiam. Actividades essas que acabavam por secundarizar o papel do professor, em favor daquilo que Miguéns e Garret (1991) designam por “exercícios de culinária”, que acabam por traduzir formas mecânicas de ensino, os quais, ainda hoje, são frequentes nas aulas de ciências. Facto, aliás, denunciado pelos próprios alunos, quando, por exemplo, dizem: “nas aulas de ciências não descobrimos nada . . . já sabemos o que vai dar” (Carmo e colegas, citados por Santos, 1991, p. 34).

Uma outra crítica saliente de que foi alvo aquele movimento foi o de ter fomentado o mito do “método científico”. Fez-se generalizar a ideia de que se tratava de um método de trabalho universalmente frutuoso, mecânico e perene, a que os cientistas recorrem para chegar a uma suposta verdade dos factos, enquanto que, pelo contrário, as suas características traduzem uma ideia mecanicista e redutora da concepção de descoberta.

Não admira, desse modo, que nos anos oitenta tenham surgido novas propostas e novos projectos para a educação em ciências: projectos de orientação conceptual e fundamentação construtivista; projectos baseados nos processos; projectos de ciência integrada e de ciência combinada; projectos de ciência coordenada; e projectos de ciência-tecnologia-sociedade, estes com o objectivo de tornar mais relevante e funcional o ensino das ciências. É disso exemplo o *Projecto Síntese*, publicados nos EUA, em 1981, pela NSTA (National Science Teachers Association), visando uma reforma do ensino das ciências com base num desenvolvimento curricular centrado nas interações CTS.

O referido projecto estabelecia como finalidades fundamentais para uma educação em ciências, para todos os alunos, as seguintes: assegurar uma educação em ciências que fosse de encontro às necessidades pessoais dos alunos; tivesse em conta as suas adequadas preparações para intervir na sociedade e considerasse as suas efectivas preparações académicas para o exercício de futuras carreiras profissionais.

Um outro projecto desenvolvido nos anos oitenta que importa salientar é o *Projecto 2061*. Este projecto nasceu no ano de 1985, altura em que o cometa Halley passou próximo da Terra. O título do projecto surgiu por se ter percebido que as crianças que, então já adultas, teriam a possibilidade de assistir ao regresso do cometa eram precisamente aquelas que estavam no início do seu percurso escolar.

Os principais objectivos do *Projecto 2061* visavam a necessidade de reformulação do ensino das ciências, sustentando que a maneira de desenvolver cidadãos educados cientificamente é mudar as metodologias de ensino, no sentido de desenvolver nos alunos uma compreensão mais profunda e criativa da ciência. Analise-se a título de exemplo a seguinte asserção, naquilo que é preconizado pelo referido projecto: “science is a subject to be learned by all students; that science programs must be coherent, not just a collection of random facts and activities;

and that the natural and social sciences, mathematics, and technology are inter-related” (p. 2).

Vejam-se, por exemplo, as implicações para o ensino das ciências biológicas, assinaladas por Neto (1995) nas passagens seguintes:

O currículo que, nessas condições, o *Projecto 2061* propõe para a disciplina de Biologia, não exclui o estudo dos factos. Pretende, contudo, ir mais longe. Visa, também, o necessário desenvolvimento de conceitos, tanto quanto possível na base da aplicação de métodos históricos e de pesquisa empírica. Mas visa, sobretudo, a aplicação dos mesmos às questões e contextos quotidianos. Dessa forma, se quer impedir que o conhecimento biológico fique arrumado nas mentes dos jovens em compartimentos estanques, potenciando, antes, sinergias e associações íntimas com as vertentes “social”, “económica”, “ética” e “cultural”.

A biologia não pode, conseqüentemente, ficar confinada ao cenário restrito da sala de aula. Compreender a realidade biológica significa estabelecer contacto com o cenário mais alargado do mundo da vida. As actividades da sala de aula a mais não podem ambicionar . . . do que proporcionar aos alunos um referencial conceptual e heurístico suficientemente sólido para que esse envolvimento pessoal com o mundo da vida, esse partir à descoberta da Natureza, possa acontecer de forma consciencializada e sustentada. (pp. 4-5)

Reclama-se assim, e com alguma justeza, o desenvolvimento de uma **literacia científica** para todos os cidadãos, no sentido da promoção crescente do reconhecimento da importância de uma dimensão científica no leque de saberes que fazem de cada indivíduo um ser informado e educado. A preocupação central tem sido, neste âmbito, o de fazer com que cada indivíduo possa dispor de um conjunto de saberes do domínio científico-tecnológico, que lhe permitam compreender os fenómenos do mundo em que vive, por forma a acompanhar as questões decorrentes da actividade científico-tecnológica com implicações sociais e se torne capacitado para tomar decisões democráticas de modo informado.

Pretende-se, assim, contribuir para a construção de uma sociedade cientificamente educada e mais participativa na **resolução de problemas**, esta entendida como uma actividade cognitiva complexa e multifacetada que exige o contributo de uma diversidade de factores psicológicos, nomeadamente factores cognitivos, sócio-afectivos e psicomotores (Neto, 1996). A resolução de problemas assume,

nesse contexto, importância fundamental, por permitir desenvolver não só conhecimento conceptual, mas também conhecimento processual e competências que, muitas vezes, os cidadãos têm de mobilizar quando enfrentam problemas no seu quotidiano, como sejam: seleccionar, prever, recolher informação, planear, formular hipóteses, controlar variáveis, etc.

Outros argumentos, porém, justificam a importância e mesmo a necessidade de incluir a resolução de problemas num currículo de ciências. Numa perspectiva cognitiva, há que proporcionar aos alunos oportunidades de pensar, para que se possam interrogar quer sobre os processos por que aprendem, tornando-se conscientes deles, quer sobre as causas das suas dificuldades quando não aprendem (Cruz, 1989). A sua relevância emerge ainda de estudos que referem dificuldades dos alunos nessa área (Cruz, 1989; Gil Pérez et al., 1988; Goffard, 1994; Neto, 1995, 1998; Valente et al., 1989).

Paralelamente ao criticismo dos anos oitenta, evoluíram as próprias concepções paradigmáticas de ciência. Os modelos mais tradicionalistas foram abandonados para dar lugar às novas concepções de ciência (Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, Bachelard) que a entendem de forma dinâmica, aberta a interações com o mundo.

O balanço crítico dos anos oitenta, os desenvolvimentos teóricos e os resultados da investigação no domínio da educação em ciências abriram perspectivas de inovações e mudanças a nível do desenvolvimento curricular, de práticas na escola e da formação de professores.

Mais recentemente, os modelos cognitivos das ciências vieram enriquecer as novas perspectivas do *ensino das ciências*, na medida em que decorreram de uma reflexão filosófica, de orientação marcadamente epistemológica, histórica, psicológica e social.

Desta forma, nos **anos noventa**, desenvolveram-se, tal como nos anos oitenta, vários projectos curriculares, sobretudo projectos de orientação CTS. De entre os projectos CTS destacamos o *Projecto SATIS (Science and Technology in Society, 1986)*, promovido pela *ASE (Association for Science Education)* para introduzir temas de Ciência-Tecnologia-Sociedade nos cursos de ciências tradicionais, para alunos com idades compreendidas entre 14-16 anos. Existe também o *Projecto Early SATIS*, para alunos de 8 a 14 anos, o *Projecto SATIS 16-19*, para alunos do secundário, e o *Projecto Atlas SATIS 14-19*, para alunos de 14 a 19 anos, e o recente *Projecto Science Across Europe*, destinado a alunos dos 14 aos 19 anos de idade, tendo como principais objectivos introduzir uma dimensão europeia no ensino das ciências, mostrando que existem tradições nacionais, numa cultura europeia comum; sensibilizar os alunos para pontos de vista e modos de vida diferentes dos seus; oferecer oportunidades de desenvolver técnicas de comunicação no sentido mais lato, incluindo a aprendizagem de novas línguas; dar às escolas de diferentes países a oportunidade de participarem em projectos comuns e realçar questões no campo das ciências, da tecnologia e das sociedades.

Muitos autores têm, nesta linha, defendido mudanças radicais no ensino das ciências aos níveis dos Ensinos Básico e Secundário, de modo a que se ajude a criar cidadãos que compreendam as problemáticas científicas de um modo pluridimensional e pluridisciplinar, como forma de poderem participar activamente, mostrando-se interessados, racionais e críticos na resolução de problemas e tomada de decisões relativas à ciência e à tecnologia e ainda constantemente intervenientes nos processos de contínua mudança social.

A perspectiva CTS, pelo menos como surge apresentada por Yager e Hofstein (citados por Sequeira, 1995), aparece em nítido contraste com a metodologia tradicional baseada nos manuais escolares e no processo de inquérito:

Nalguns aspectos as tradicionais dimensões da ciência de conteúdo e processo podem ser as dimensões menos importantes e apropriadas para planearmos para o ano 2000. Podem ser as menos importantes para nos ajudarem a edificar uma cida-

dania científica e tecnologicamente educada pela qual tanto nos batemos. (p. 8)

Os mesmos autores apresentam seis objectivos principais para um programa curricular de ciências para o Ensino Básico e Secundário, em contraste com práticas mais tradicionalistas:

1. O ser humano, o potencial humano, o progresso humano e as adaptações humanas servirão como organizadores curriculares (em vez da estrutura das disciplinas ou dos processos científicos).
2. Problemas actuais e controvérsias na sociedade constituirão a espinha dorsal dos programas curriculares.
3. Processos científicos e tecnológicos que os alunos podem usar no seu dia-a-dia serão enfatizados em vez de processos que os cientistas usam.
4. A prática de tomada de decisões fazendo uso de conhecimentos científicos e tecnológicos em contexto social relevante será incentivada em vez de capacidades necessárias para “descobrir as respostas correctas” aos problemas apresentados nas disciplinas.
5. A consciencialização deveria ser uma parte integrante da aprendizagem das ciências.
6. Na análise de problemas e controvérsias, serão consideradas as dimensões éticas, morais e os valores (em contraste com o ensino tradicional das ciências, onde não entram estas dimensões). (p. 9)

As planificações do processo de ensino e aprendizagem, bem como os programas curriculares pensados numa perspectiva CTS, devem, desse modo, centrar-se no Homem, nas sociedades, nos seus problemas e tentar dar resposta às questões regionais. Os problemas alvo de investigação são escolhidos pela sua relevância para as vidas dos alunos e pela sua natureza pluridisciplinar (Sequeira, 1995).

Em suma, face à influência crescente da ciência e da tecnologia na configuração das condições de vida da humanidade, a educação em ciências tem hoje que ser equacionada como uma forma de contribuir para a construção de uma melhor qualidade de vida do cidadão.

É importante salientar que este movimento de reforma representa uma melhoria e um avanço em relação ao passado. Contudo, constata-se que à mudança progres-

siva de paradigma que se vem verificando no campo da investigação educacional, não corresponde mudança equivalente no que se refere à realidade da sala de aula. Tamir (citado por Oliveira, 1993) releva, aliás, esta opinião, ao referir que as reformas dos anos oitenta “têm sido aplicadas lentamente e a sua presença nos currículos dos diferentes países é ainda em pequena escala” (p. 80).

Todavia, e apesar de tudo, nos anos noventa, o ensino passou a ser mais centrado no aluno e passou a utilizar-se uma maior diversidade de meios alternativos de ensino. Foi valorizado o aluno como sujeito activo no processo de ensino-aprendizagem, que aprende de acordo com as suas ideias, crenças e valores, por oposição a um aluno passivo, receptor de saberes constituídos. Esta valorização emerge, segundo Santos (1991), da viragem de perspectivas psicológicas behavioristas para perspectivas psicológicas cognitivistas e de perspectivas epistemológicas empiristas para perspectivas epistemológicas racionalistas, sobretudo construtivistas.

Entre os novos quadros de referência apresentados pela mesma autora, merecem especial destaque os seguintes:

- os que se relacionam com a *perspectiva construtivista* que pressupõe a existência de diferentes níveis de construção (reconstrução) do conhecimento por parte do aluno, de acordo com domínios conceptuais específicos (dependentes do contexto), de forma a tornar evidente, para o ensino, a construção cognitiva de determinados conceitos (Pórlan, 1993). O sentido que o indivíduo dá a qualquer facto é, neste quadro, visto como algo dependente não só da situação em si mesma, mas também dos propósitos e dos processos de construção activa de significado por parte da pessoa (Driver e Oldham, 1995);
- os que estão associados a *estratégias de ajuda centradas no aluno - metacognição*. Partem do princípio de que através da metacognição, o aluno se pode tornar mais autónomo, à medida que toma consciência dos seus próprios pro-

cessos cognitivos e os orienta de maneira adequada a cada situação. Flavell (1987) distingue as estratégias cognitivas propriamente ditas das estratégias metacognitivas. As primeiras asseguram o processamento cognitivo considerado em si mesmo e as segundas visam a monitorização desse processamento;

- os que *valorizam a dimensão epistemológica na educação em ciências*, reconhecendo que, tal como para os alunos, as próprias concepções do professor sobre o que é a ciência influenciam o que ele ensina e o modo como ensina. É deste modo salientada a importância da valorização da dimensão epistemológica da educação em ciências, particularmente na formação de professores;
- os que referem a *perspectiva epistemológica racionalista como condição de compreensão da ciência contemporânea e do seu ensino* (Santos e Valente, 1995). Defende-se que os “factos científicos” não são fornecidos mas sim construídos. Para observar, a percepção não é suficiente, sendo necessária a existência de estruturas teóricas prévias que orientem a observação;
- os que relevam a *perspectiva interdisciplinar como condição de mudança conceptual*; nesse sentido, e tendo em conta as especificidades que envolvem o ensino e aprendizagem das ciências, estes deverão abrir-se à complementaridade com outros domínios disciplinares (epistemologia, psicologia, sociologia e filosofia, por exemplo).

Tudo aponta, em síntese, para a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento curricular e pedagógico que seja mais holístico na sua concepção, bem como para uma aprendizagem contextualizada que esteja para além do âmbito do laboratório e das fronteiras das disciplinas. Pretende-se, enfim, que a aprendizagem das ciências se torne mais atraente, estimulante e importante para a maioria das crianças e dos jovens, que transmita da ciência uma visão humanizada e que desenvolva conhecimentos e capacidades para tomar decisões e resolver problemas.

Mas aprender ciência pressupõe ser-se iniciado numa cultura de ciência (Driver et al., 1995), o que significa que a aprendizagem não se pode esgotar nos conceitos, devendo contemplar aspectos relativos à natureza do conhecimento científico, aos processos e aos valores envolvidos na sua construção. Para além de levar os alunos a desenvolver *compreensão significativa dos conceitos científicos* diferenciando-os progressivamente dos *conceitos espontâneos*, impõe-se assim, metodologias que os ajudem a desenvolver processos de descrição, previsão, explicação e controlo dos fenómenos naturais. Nesse sentido, o conhecimento científico só é significativo para os alunos quando é útil no mundo que os rodeia e lhes faz sentido (Porlán, 1993). Mas para que o conhecimento científico possa fazer sentido, e como adverte Bachelard, os professores deverão tomar consciência da importância de ter em conta o *conhecimento do senso comum*, para que o *conhecimento científico* possa ser construído (reconstruído) significativamente pelo aluno, e nele fazer real sentido.

## 2.2. FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS E CIENTÍFICOS

A formação de conceitos é o resultado de uma actividade muito complexa, na qual intervêm todas as funções intelectuais básicas. Esta actividade inclui o reconhecimento, a distinção e o estabelecimento de relações entre os *atributos* que especificam um conceito. Assim, cada conceito contém uma combinação de atributos, à qual se dá um nome, o *rótulo*. Sob o rótulo podem estar um ou mais exemplos (número de espécies ou objectos singulares nele subsumidas). Por vezes, além das combinações dos atributos que constituem um determinado conceito estabelecem-se também ligações entre esse conceito e atributos limítrofes, que especificam outros conceitos. Deste modo, um conceito não existe isolado, faz parte de uma rede estruturada de conceitos (Santos, 1991).

Numa perspectiva construtivista, os conceitos são considerados como formas de organizar e dar significado às experiências pessoais - etapas de um desenvolvimento conceptual contínuo e activo. Neste sentido, Giordan (1987) considera que os conceitos são, ao mesmo tempo, como que o produto e o processo de uma actividade de construção mental da realidade. Esta construção desenvolve-se a partir das informações que o indivíduo recebe, por meio dos seus sentidos e através das relações que mantém com os outros, e que lhe ficam gravadas na memória. Estas informações são codificadas, organizadas e categorizadas num sistema cognitivo global e coerente, de acordo com as suas preocupações e com a utilização que faça das mesmas.

Para conceptualizar, o aluno (e, no fundo qualquer pessoa) utiliza, consciente ou inconscientemente, estratégias mentais que variam de acordo com os diversos níveis de formação dos conceitos (nível concreto, nível formal, etc.) (Santos, 1991).

Bachelard (1984) e Bruner (1989) distinguiram dois mecanismos na conceptualização:

- Um que tem início a partir do momento em que uma pessoa começa a fazer discriminações do mundo que a rodeia, ou seja, a partir do momento em que se começam a formar ideias ou teorias informais que permitem ao indivíduo prever e controlar os acontecimentos do seu meio, aumentando a sua adaptação ao mesmo. Este aspecto engloba tendências do pensar mais ou menos intuitivas, mais ou menos conscientes, mais ou menos naturais e mais ou menos espontâneas. Bruner designou este aspecto por “*formação de conceitos*” e Bachelard designou-o por “*pensamento primeiro*”.
- O outro aspecto é precedido pelo anterior e tradicionalmente chama-se pensar. Engloba tendências do pensar racionais e conscientes que levam à reflexão. Bruner designou este segundo aspecto por “*aquisição de conceitos*”, enquanto que Bachelard o designou por “*pensamento segundo*”.

Os *conceitos espontâneos* são, em geral, resultado do primeiro aspecto, não exigindo uma reflexão criteriosa, que se traduz por uma resposta imediata à experiência (física e social), enquanto que os *conceitos científicos* resultam do segundo que, por seu turno, envolve processos de pensamento racionais, conscientes, exige interacção verbal e instrução específica, caracterizando-se por um pensar aprofundado e reflectido sobre respostas a mundos mais reais ou possíveis (Oliveira, 1991). A construção de *conceitos científicos*, sendo intencional, pode ser desenvolvida. Esta posição, fornece, assim, argumento à pertinência da educação científica sistemática e parece suportar a intenção da educabilidade da inteligência. Partindo destes princípios emergem, e segundo Oliveira (1991), as “estratégias metodológicas especificamente dirigidas ao desenvolvimento de competências de pensamento - aprender a pensar” (p. 109), consubstanciadas no que é referido na literatura como sendo *estratégias cognitivas e metacognitivas*.

O “*ensinar a pensar*”, ou seja, o desenvolvimento do “*pensamento segundo*”, encontram-se enraizados nas filosofias de Sócrates, Platão e Aristóteles. Tornam-se, assim, um imperativo que cabe à escola e ao professor desenvolver, tendo em conta que se alguns alunos, por si sós, facilmente desenvolvem essas competências, outros terão de ser ajudados e treinados para puderem ter um pensamento produtivo (Neto, 1995).

Já Vygotsky (1986), no início da década de trinta, tendo por base a correspondência entre as diferentes formas de experiência da criança e os estádios de desenvolvimento dos conceitos, tinha distinguido duas formas básicas de experiência que dão origem a dois grupos de conceitos diferentes, se bem que relacionados entre si: o *espontâneo* e o *científico*. Segundo o mesmo autor, os *conceitos espontâneos* surgem das próprias reflexões da criança sobre a sua experiência quotidiana, tendo por isso um carácter empírico e prático. Os *conceitos científicos*, por sua vez, desenvolvem-se na instituição escolar, de uma forma estruturada e especializada, em condições de cooperação sistemática entre a criança e o professor, sendo esta cooperação fundamental para o desenvolvimento dos *processos psicológicos superiores*; têm por isso um carácter consciente e deliberado.

Com o propósito de investigar a formação e o desenvolvimento de conceitos, Vygotsky e Zhofefina Shif levaram a cabo experiências em que foram utilizadas tarefas, estruturalmente idênticas, que continham material científico e quotidiano, aplicadas aos *conceitos científicos* e *espontâneos*, respectivamente. Estas experiências revelaram que o desenvolvimento destes dois sistemas conceptuais não é de modo algum idêntico. A análise dos dados demonstrou que, na medida em que o plano de estudo proporciona o material necessário, *o desenvolvimento dos conceitos científicos ultrapassa o desenvolvimento dos conceitos espontâneos*. Assim, quando se pede a um aluno que defina um determinado *conceito espontâneo*, a resposta em geral, é, mais confusa do que quando se lhe pede que defina um determinado *conceito científico*.

Nesta linha de pensamento, a criança deve encontrar dificuldade na resolução de problemas que impliquem *conceitos espontâneos* porque se torna consciente dos seus conceitos relativamente tarde; a sua capacidade para os definir verbalmente, para operar com eles de uma forma consciente e volitiva, aparece muito depois do os ter aprendido. Tem o conceito, isto é, conhece o objecto a que se refere o conceito, mas não está consciente do seu próprio acto de pensamento e, portanto, não pode operar com ele à vontade, como exige a tarefa.

Com base em evidência empírica por si recolhida, Vygotsky defende que os *conceitos científicos e espontâneos* “desenvolvem-se em direcções opostas”; partem de pontos muito diferentes mas acabam por se encontrar. O desenvolvimento dos *conceitos espontâneos* origina-se de “baixo para cima”, graças aos *conceitos científicos*, e o desenvolvimento dos *conceitos científicos* origina-se de “cima para baixo”, graças aos *conceitos espontâneos*. Por conseguinte, os *conceitos espontâneos* criam uma série de estruturas necessárias para o desenvolvimento “descendente” dos *conceitos científicos* e para a evolução dos aspectos mais primitivos e elementares destes conceitos, dando-lhes consistência e vitalidade. Por sua vez, os *conceitos científicos* proporcionam estruturas para o desenvolvimento “ascendente” dos *conceitos espontâneos*, contribuindo para o seu conhecimento e uso deliberado. Assim, embora os *conceitos científicos e espontâneos* se desenvolvam em direcções opostas, os dois processos estão intimamente ligados e, de certo modo, são dialécticos.

Os *conceitos espontâneos*, sem controlo consciente e volitivo, encontram o referido controlo, através da cooperação entre a criança e o adulto, numa zona a que Vygotsky chamou *zona de desenvolvimento próximo*. Para Vygotsky, a *zona de desenvolvimento próximo* é o espaço em que os *conceitos espontâneos* de uma criança, empiricamente abundantes mas de algum modo desorganizados, “se encontram” com a sistematização e lógica do raciocínio adulto. Como resultado de tal “encontro”, a debilidade do raciocínio espontâneo fica compensada pela con-

sistência da lógica científica que, ao ser interiorizada, torna-se parte integrante do próprio pensamento da criança. A noção de *zona de desenvolvimento próximo* tem subjacente o seguinte princípio didáctico: “o ensino deve ser orientado para o futuro e não para o passado”. Neste sentido, Vygotsky (citado por Neto, 1995) diz que os conceitos se desenvolvem sempre mediante a intervenção didáctica do adulto; contudo, aquilo que a criança é capaz de realizar hoje, em cooperação com o adulto, podê-lo-á realizar, potencialmente, sozinha no futuro.

Em síntese, apesar de algumas convergências entre *conceitos espontâneos* e *conceitos científicos*, há aspectos significativos em que a natureza de tais conhecimentos divergem (Santos, 1991), de que se destacam os seguintes:

Os *conceitos espontâneos* são menos estruturados do que os *conceitos científicos* e são explicações pessoais, limitadas na generalidade e relacionadas frequentemente com contextos específicos. O seu modo de conhecimento é predominantemente figurativo e a sua capacidade preditiva limita-se a fenómenos da vida corrente. Tendem a substancializar ou “coisificar” ideias abstractas e ligam-se directamente a uma causalidade linear. As explicações fornecidas por estas concepções são egocêntricas, pragmáticas, antropomórficas..., geralmente de natureza afectiva. Os *conceitos espontâneos* são penetrados por certezas prematuras. A linguagem utilizada é imprecisa e são aplicados termos indiferenciados, usados no dia-a-dia.

Os *conceitos científicos*, por outro lado, constróem-se com base numa lógica de relações. A sua construção é necessariamente socializada (particularmente por influência escolar) e não se limita a problemas presentes, actuais e confinados a determinados contextos. A construção dos *conceitos científicos* resulta de uma vontade explícita de construir artificios. A capacidade preditiva dos *conceitos científicos* é alargada a fenómenos que ultrapassam largamente as nossas capacidades de observação natural. Tendem para a abstracção matemática e fazem intervir uma rede, de relações causais, complexa. Ao contrário da linguagem usada

na construção dos *conceitos espontâneos*, a linguagem utilizada na construção de *conceitos científicos* é uma linguagem específica.

Assim, e tendo em conta as especificidades próprias dos *conceitos espontâneos* e dos *conceitos científicos*, importa, neste momento, fazer realçar que grande parte dos *conceitos espontâneos* manifestados pelos alunos correspondem, no fundo, a *concepções alternativas* às *concepções científicas*, embora, obviamente, outros possam configurar explicações aceites cientificamente como válidas.

Deste modo, resultados de inúmeras investigações indicam que crianças de vários países já têm, antes do ensino formal de ciências, ideias pessoais acerca de uma variedade de tópicos, que podemos designar por *concepções alternativas*, em oposição aos conceitos veiculados pela escola (*concepções científicas*).

## **2.3. O PARADIGMA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS: IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS**

### **2.3.1. Enquadramento Geral**

No ensino das ciências é de importância crucial, tal como antes já se fundamentou, ter em conta as ideias e as explicações sobre os fenómenos naturais que os alunos trazem para a escola e que, muitas vezes, não são capazes de explicar. Estas concepções, vulgarmente designadas por *concepções alternativas*, poderão ser mais ou menos divergentes dos *conceitos cientificamente aceites*. A consciência da existência destas ideias, exige, necessariamente, respostas didáticas adequadas.

Tendo em conta estes factos, a perspectiva construtivista exige que os alunos construam os conhecimentos a partir das suas próprias concepções prévias. Contudo, na prática escolar habitual, o professor continua a ignorar a existência de pontos de vista dos alunos e dos seus significados próprios relativamente a tópicos da ciência. Muitos professores consideram até as crenças e ideias informais que os alunos levam para as aulas de ciências como um adversário a combater. Pois, para além de terem de enfrentar a apatia dos alunos, a sua falta de motivação, as suas limitações cognitivas de pensamento e compreensão, têm ainda de enfrentar concepções prévias bastante arraigadas, que interferem na aprendizagem das ciências e tornam ainda mais difícil a assimilação de *conceitos científicos* (Pozo, 1996).

No entender de Pozo, esta questão talvez se possa suavizar um pouco se todas estas dificuldades de aprendizagem forem concebidas, não como problemas diferentes, mas sim como manifestações de um mesmo problema: a desconexão en-

tre o conhecimento (espontâneo) que os alunos constróem para dar sentido ao mundo que os rodeia, um mundo de objectos e pessoas, e o conhecimento científico cheio de estranhos símbolos e conceitos abstractos referentes a um mundo mais imaginário que real. No dizer do mesmo autor, o conhecimento que os alunos levam para a aula refere-se ao mundo quotidiano, um *mesocosmos* (que é um mundo intermédio em que todos vivemos e com o qual nos relacionamos desde que nascemos, composto de objectos e coisas reais, de contornos bem definidos e perceptíveis, que se podem tocar, ver e colher) traçado por coordenadas espaciotemporais do aqui e agora. A ciência que se lhes ensina move-se, frequentemente, mais na “realidade virtual” do *microcosmos* (células, partículas e outras “entidades mágicas” e não observáveis) e do *macrocosmos* (modelos idealizados, baseados em leis universais não vinculadas a realidades concretas, mudanças biológicas e geológicas que se medem em milhões de anos, sistemas em interacção complexa, etc.). Só uma relação entre estes diferentes níveis de análise da realidade, baseada precisamente na sua diferenciação, pode ajudar os alunos a compreender o significado dos modelos científicos e a interessar-se por eles.

Por outro lado, como assinala Rodrigo (1994), o professor tem de ter muito cuidado nas alusões que faz ao conhecimento quotidiano, enquanto o aluno constrói o seu *microcosmos* (ou *micromundo*) e o seu *macrocosmos* (ou *macromundo*), visto que, em determinadas situações, podem originar-se confusões, até porque, como se verá adiante, a ciência utiliza palavras também utilizadas pelo *senso comum* mas com um sentido diferente.

Verifica-se, contudo, uma considerável distinção entre o comportamento do professor, que concebe as suas aulas com a sua própria lógica de adulto especializado, usando *conceitos científicos*, e o do aluno, que tenta compreender esses con-

ceitos através das suas representações<sup>1</sup>, as quais, muitas vezes, pouco têm a ver com tais conceitos (Giordan, 1987).

Não admira por isso que a situação actual do ensino das ciências, e tal como antes se descreveu, venha a ser classificada de insatisfatória. E, segundo Furió (1996), um bom indicador disso é, com efeito, a grande quantidade de representações que os alunos de qualquer nível de ensino, incluindo o universitário, apresentam como alternativa aos *conceitos científicos* - *concepções alternativas* - apesar das vezes que se repetem, no currículo escolar, os conceitos e teorias científicas.

De facto, diversos teóricos e investigadores situam as *concepções alternativas* no centro do problema da aprendizagem e defendem que o ignorar, por parte do professor, de tais concepções é uma das principais causas da ineficácia da acção educativa.

Não é, pois, por acaso que, há aproximadamente vinte anos, se começou a configurar, com rápido desenvolvimento, uma linha de investigação em educação sobre *concepções alternativas*. Segundo Santos (1991), esta linha de investigação “tem evidenciado modos de explicação particulares de que o aluno dispõe e que, frequentemente, dificultam a forma como ele se vai apropriando dos *conceitos científicos* e a forma como vai orientando as suas acções” (p. 22). Essa importância fundamental atribuída às *concepções alternativas* na construção (reconstrução) do conhecimento esteve, assim, na origem de um movimento pedagógico denominado *Movimento das Concepções Alternativas (MCA)* (Furió, 1996).

Apesar de ser relativamente recente o interesse pedagógico sobre as *concepções alternativas*, existem antecedentes que, com notável prioridade, chamaram a

---

<sup>1</sup> Em consonância com De Ketelle (citado por Santos, 1991), entende-se por representações “sínteses mentais de informações, mais ou menos carregadas afectivamente, que a pessoa constrói, mais ou menos conscientemente, a partir do que ela própria é, do que foi e do que projecta e guia o seu comportamento” (p. 19).

atenção sobre “a pré-história da aprendizagem” (Vygotsky), ou se referiram ao facto de que “se conhece contra um conhecimento anterior” (Bachelard). Não esquecendo também as investigações de Piaget sobre a origem psicológica das noções até aos seus estádios pré-científicos, que remontam aos anos vinte e em que defendeu, tanto a nível epistemológico como psicológico, uma concepção construtivista da aquisição do conhecimento, ou de Ausubel que, nos anos sessenta, já considerava que o factor mais importante a ter em conta no ensino é o conhecimento prévio que o aprendiz já possui sobre o tema em questão.

Ao contrário de Piaget, Ausubel não estudou as concepções prévias dos alunos e as suas possíveis consequências para a aprendizagem independentemente de situações didácticas, o que poderá ter contribuído para despoletar o interesse da pedagogia pelas *concepções alternativas*.

Aliás, a importância desta temática ultrapassa hoje o domínio específico das concepções relacionadas com o mundo físico-natural. Na verdade, também na compreensão dos fenómenos sociais ela começa a ser bastante relevada. Ver, a esse respeito, e como boa colectânea, a obra *Las Teorías Implícitas - Una Aproximación al Conocimiento Cotidiano*, de Rodrigo, Rodríguez e Marrero (1993), da qual, a título de exemplo, destacamos a seguinte passagem, a nosso ver significativa:

Desde la perspectiva de las teorías implícitas, no tiene sentido cuestionarse la plausibilidad de la psicología popular, entre otras cosas porque tal psicología hace referencia a un conjunto de funciones cognitivas de gran utilidad para el hombre de la calle en su interacción con el medio. Es la psicología científica la que debe hacer un esfuerzo por revestir el estudio de los procesos cognitivos de todo aquello que los hace verdaderamente humanos: conciencia, intencionalidad, significado compartido con otros, capacidades autoreferenciales, etc. (p. 20)

### **2.3.2. Resultados e Tendências de Duas Décadas da Linha de Investigação sobre Concepções Alternativas**

A linha de investigação sobre *concepções alternativas* tem por objecto estudar não só as *concepções alternativas* dos alunos, mas também as evidenciadas por projectos curriculares, por livros e por professores. Um dos seus principais propósitos é, contudo, levar-nos a compreender o conteúdo das crenças e ideias que os alunos trazem para a instrução formal. É de salientar que, embora tais investigações não ignorem as *concepções alternativas* desencadeadas pela própria escola, dedicam uma atenção muito especial e prioritária às *concepções alternativas* que reflectem experiências de aprendizagem anteriores à instrução formal (Santos, 1991) - ou seja, às *concepções espontâneas*, se quisermos utilizar terminologia de tipo vygotkiana.

#### **2.3.2.1. Abrangência Temática**

Os primeiros trabalhos realizados no âmbito da linha de investigação sobre *concepções alternativas* remontam a princípios da década de setenta. A partir de então, com particular destaque da década de oitenta, a investigação sobre *concepções alternativas* converteu-se num tema central da pesquisa em didáctica das ciências. Pfundt e Duit (1994) inventariaram 3.500 estudos nesta linha de investigação, publicados nas mais importantes revistas de divulgação internacional de educação em ciências. Prova disso é também, segundo Furió (1996), o crescimento exponencial da publicação de artigos relativos ao estudo das dificuldades dos alunos sobre *conceitos científicos* (aproximadamente 50% do total de artigos publicados) em diversas revistas científicas, de prestígio internacional. A distribuição deste enorme volume de produções não tem sido uniforme em todas as disciplinas, sendo os conceitos de Física os que mais atenção têm recebido (61%

do total de publicações na última revisão de Pfundt e Duit). Seguem-se os de Biologia (20%) e os de Química (18%) e, em último lugar, os de Geologia (1%). Estas percentagens revelam que, apesar de a maioria destes trabalhos incidir sobre temas de Física, é já considerável o número de estudos dedicados a diversos tópicos biológicos, como aliás se pode comprovar pela revisão de Santos (1991) e de Jiménez (1993). Nos Quadros 1 e 2 indicamos, a título ilustrativo, alguns dos estudos relativos a tópicos de Biologia, apresentados pelos autores acima citados.

#### Quadro 1

*Exemplos de Estudos sobre Concepções Alternativas dos Alunos, Relativas a Tópicos de Biologia (adaptado de Santos, 1991)*

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| VIDA                          | Tamir, Gal-Choppin e Nussimovitz (1981); Brumby (1981, 1982); Tamir (1985); Santos (1986); Freitas (1987)...  |
| CÉLULA                        | Clement, Serverin e Luciani (1983); Benoit (1987)...  |
| GENÉTICA                      | Rumelhart (1980); Gagliardi (1983)...   |
| EVOLUÇÃO-<br>-HEREDITARIEDADE | Deadman e Kelly (1978); Brumby (1979, 1984); Kargbo, Hobbs e Erickson (1980); Chagas (1986)...  |
| ECOSSISTEMAS                  | Astolfi (1983, 1984)...   |
| CADEIAS ALIMENTARES           | Griffiths e Grant (1985)...   |
| ANIMAL                        | Bell (1981); Bell e Barker (1982)...  |
| RESPIRAÇÃO                    | Giordan (1978, 1987); Bazan (1983); Rumelhard (1987)...   |
| DIGESTÃO-EXCREÇÃO             | Clement, Serverin e Luciani (1983); Giordan (1987); Banet e Nunez (1988)...   |
| REPRODUÇÃO                    | Fai (1983)...   |
| CORPO HUMANO                  | Za'rour (1975); Mintzes (1984)...   |
| PLANTA                        | Bell (1981)   |
| FOTOSSÍNTESE                  | Wandersee (1983, 1986); Smith e Anderson (1984); Bell e Brook (1984); Bell (1985); Rumelhard (1985); CLIS (1987); Eisen e Stavy (1988); Praia (1988)... |

#### Quadro 2

*Exemplos de Estudos sobre Concepções Alternativas dos Alunos, Relativas a Tópicos de Biologia (adaptado de Jiménez, 1993)*

|                    |  |
|--------------------|--|
| BIOLOGIA CELULAR   | Dreyfus e Jungwirth (1988)...  |
| FISIOLOGIA VEGETAL | Cañal e Garcia (1987); Giordan e De Vecchi (1988); Wood-Robinson (1991)... |

|  |  |
|--|--|
| FISIOLOGIA ANIMAL                              | Serrano (1988); Banet e Nuñez (1992); Carrasquer e Álvarez Sevilla (1993)...   |
| REPRODUÇÃO                                     | Carmichael et al.(1990); Fontes e Duarte (1992)...   |
| ECOLOGIA                                       | Garcia et al.(1990)...   |
| EVOLUÇÃO                                       | Lucas (1971); Jiménez Aleixandre (1989); Gené (1991)...  |
| SISTEMÁTICA ZOOLOGICA                          | Bell (1981); Trowbridge e Mintzes (1988); Velasco (1991)...  |
| ESTRUTURAS VEGETAIS VEGETATIVAS E REPRODUTORAS | Symington et al.(1981); Buiza et al.(1983); Buiza et al.(1988); Díaz de Bustamante et al (1989); Jiménez Aleixandre (1989); Wood-Robinson (1991); Guzmán (1992)... |

### 2.3.2.2. *Concepções Alternativas e Questões Terminológicas*

Apesar de a investigação sobre *concepções alternativas* constituir hoje uma vasta área da investigação em didáctica das ciências, não existe unanimidade sobre a sua denominação. Vásquez Alonso (1994) destaca as expressões mais utilizadas para designar as *concepções alternativas*: “esquemas conceptuais”, “esquemas conceptuais alternativos” (terminologia muito relacionada com o grupo de Leeds, liderado por R. Driver), “teorias ingénuas”, “concepções alternativas”, “ciência das crianças”, “ciência intuitiva”, “erros conceptuais” (*misconceptions*), “preconceitos” - *superstições, crenças infundadas, conhecimento incidental* - , “ideias prévias”, “concepções espontâneas” (muito em sintonia com o pensamento de Vygotsky)<sup>2</sup>.

Há autores, como Abimbola que registaram 28 expressões diferentes para designar as *concepções alternativas*, das quais salientamos “ideias erróneas”, “crenças *naif*”, “pensamentos espontâneos”, “concepções pré-científicas”, “teorias de senso comum” e “modelos pessoais da realidade” (Furió, 1996).

<sup>2</sup> A estas designações poder-se-iam acrescentar, agora para o âmbito mais específico da psicologia social, outras como “teorias implícitas” ou “representações sociais”, referidas por Rodrigo, Rodríguez e Marrero (1993).

No Quadro 3 surgem inventariadas algumas das designações mais frequentes atribuídas às representações dos alunos face a problemas de ordem científica.

Quadro 3

*Designações Atribuídas às Representações dos Alunos Face a Questões de Ordem Científica (extraído de Santos, 1994, p.93)*

|  |  |
|--|--|
| Designações que sugerem a origem das representações.   | Representações espontâneas<br>Representação intuitiva<br>Representação social<br>Versão privada<br>Conhecimento privado<br>Conhecimento do senso privado<br>Modelo espontâneo<br>Raciocínio espontâneo<br>Ideias não tutoradas |
| Designações que focalizam a anterioridade das representações (no tempo e na precisão) relativamente aos conceitos científicos.   | Representação inicial<br>Preconcepção (preconception)  |
| Designação que sugere a generalidade do seu uso para dar sentido a corpos relativamente amplos do conhecimento.  | Visão prototípica  |
| Designações que enfatizam a natureza accidental, defeituosa, evitável, imatura ou errada de tais representações. Refere-se, também, à assimilação incorrecta de modelos formais. | Concepção errada (misconception)<br>Compreensão errada (misunderstanding)  |
| Designações que sugerem diferenças qualitativas entre as representações do aluno e os conceitos científicos.   | Concepção alternativa<br>Estrutura alternativa (alternative framework)   |
| Designações que sugerem a organização e coordenação dos elementos cognitivos da representação. As representações são consideradas construções solidárias de uma estrutura.       | Estrutura conceptual (conceptual framework)<br>Estrutura alternativa<br>Sistemas de crenças<br>Mini-teoria<br>Esquema conceptual<br>Paradigma do aluno   |
| Designação que sugere que todos somos, uma espécie de cientistas ao procurar o “como” e o “porquê” das coisas.   | Ciência da criança   |

Apesar desta grande disparidade terminológica, há um certo consenso em utilizar a expressão *concepções alternativas* para expressar o conhecimento espontaneamente adquirido pelos alunos, particularmente antes da instrução formal. Num artigo de Palmer (1998), pode ler-se, em dado ponto: “the term *alternative con-*

*ceptions* should be generally adopted chiefly because it is more inclusive over different branches of science” (p. 1).

Para Driver (1985), a designação de *concepções alternativas* deve-se a estas ideias terem o carácter de construções autónomas, desenvolvidas pelas crianças para conceptualizarem as suas experiências perante o mundo físico e, nesse sentido, serem alternativas às concepções aceites cientificamente.

Segundo Cachapuz (1995), a designação de *concepções alternativas* surge por se tratar de ideias que aparecem como alternativas a versões científicas de momento aceites, não podendo ser encaradas como distrações, lapsos de memória ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos, resultantes de um esforço consciente de teorização por parte de um indivíduo.

Na opinião de vários investigadores, *concepção alternativa* é “o que os alunos nos dizem que pensam sobre algo”. Santos (1991) considera, em suma, que *concepções alternativas* são ideias próprias caracterizadas por qualidades como as seguintes:

Representações pessoais, mais ou menos espontâneas, mais ou menos dependentes do contexto, mais ou menos solidárias de uma estrutura e que são compartilhadas por grupos de alunos . . . tais concepções não têm estatuto de conceitos científicos, diferem significativamente destes<sup>3</sup>, quer a nível de produto quer de processo de construção e . . . funcionam, para o aluno, como alternativa aos conceitos científicos correspondentes. (p.96)

### **2.3.2.3. Características Gerais das Concepções Alternativas**

Os resultados da pesquisa de vários autores sobre as *concepções alternativas*, relativas a determinados tópicos de ciências, mostram que elas se assemelham entre si. Assim, por consenso mais ou menos generalizado, foram propostas vári-

---

<sup>3</sup> Aspecto que, aliás, era bastante relevado por Vygotsky (1986), na distinção que estabelecia entre *conceitos espontâneos* e *conceitos científicos*.

as características comuns a diferentes *concepções alternativas*. Estas características têm sido bem descritas por vários autores (ex.: Amir e Tamir, 1990; Baker, 1991; Driver et al., 1995). Em linhas muito gerais, vamos apresentar algumas dessas características.

### 1. *Natureza eminentemente pessoal*

As *concepções alternativas* são representações que cada indivíduo faz do mundo (físico e social) que o rodeia, consoante a sua própria maneira de o ver e de se ver a si próprio. A realidade é sempre apercebida de forma pessoal pelo sujeito (Santos, 1991). Para Driver (1985), cada indivíduo interioriza as experiências de forma pessoal, construindo os seus próprios significados sobre elas.

### 2. *As concepções alternativas parecem dotadas de certa coerência interna*

As *concepções alternativas* não são um *jogo gratuito* para o indivíduo. São coerentes para eles e são sentidas como ideias sensatas e úteis. São, como afirma Vázquez Alonso (1994), “verdadeiras estruturas teóricas hierarquizadas, geralmente implícitas, que cumprem uma função explicativa e que permitem ao indivíduo controlar os acontecimentos diários do seu ambiente” (p. 4). Driver e Erikson (citados por Vázquez Alonso, 1994) denominam-nas por “teorias-em-acção”, ou seja, estruturas cognitivas com alguma coerência interna, ideia também partilhada por Julyan (citado por Baker, 1991), nos seguintes termos: “although many of the students held beliefs different from those of a scientist, the belief structures were internally coherent and logical” (p. 325).

### 3. *As concepções alternativas são persistentes*

As *concepções alternativas* parecem resistir ao ensino formal, persistindo ao longo do tempo. Esta persistência, diz Vázquez Alonso (1994), pressupõe que a maioria dos indivíduos que não estudou ciências as mantém durante toda a sua vida como parte do sistema de crenças sobre a natureza (ciência intuitiva).

Vários estudos empíricos têm demonstrado, na verdade, que as estratégias tradicionais utilizadas pelo professor não conseguem modificar facilmente as *concepções alternativas* do aluno. Segundo Santos (1991), o ensino de certos conceitos não tem impacto sobre *concepções alternativas* fundamentais, sobretudo se o professor não tiver em conta as representações “intuitivas” dos alunos. Assim, as *concepções alternativas* serão apenas mascaradas pela memorização desses conceitos, havendo como que uma colagem memorística de *conceitos científicos* para ter sucesso nos estudos. Todavia, esta colagem não resiste ao tempo e as *concepções alternativas* ressurgirão com tenacidade. Por conseguinte, conhecimentos que à primeira vista pareciam rigorosos, lógicos e bem estruturados serão, na primeira oportunidade, substituídos por *concepções alternativas* que persistem na mente de quem as sustenta. Como diz Giordan (1987), um caso típico que revela esta persistência é o dos estudantes que dão respostas convencionais e adequadas a um problema, quando se encontram no contexto da sala de aula, e exibem *concepções alternativas* quando expressam as suas ideias noutra contexto, algo que encontra fundamento nas seguintes palavras de Kuhn (1970): “but science students accept theories on the authority of teacher and text, not because of evidence” (p.80).

Tendo em conta tal persistência, Solomon (citada por Santos, 1991) considera, muito na linha de Kelly (1991), que o que está em causa não é pedir aos alunos que eliminem as suas *concepções alternativas* mas, pelo contrário, que “se tornem aptos a pensar e a operar em dois domínios de conhecimento diferentes e que sejam capazes de os distinguir” (p.111) - Solomon refere-se aqui aos domínios do conhecimento vulgar e científico, ou seja, como referem alguns autores, as “duas culturas”.

A ideia de uma certa persistência das *concepções alternativas* também se encontra em Ausubel (citado por Driver et al., 1985), como o ilustra a seguinte asserção: “preconceptions are amazingly tenacious and resistant to extinction . . . the

unlearning of preconceptions might well prove to be the most determinative single factor in the acquisition and retention of subject-matter knowledge” (p. 25).

#### 4. *Popularidade das concepções alternativas*

Várias investigações sobre as *concepções alternativas* dos alunos, em todas as áreas e níveis de ensino e em diversos países e culturas afins, têm evidenciado que não existem diferenças significativas entre elas (Furió, 1996).

Por outro lado, as investigações têm revelado que mesmo os estudantes universitários da especialidade de ciências apresentam *concepções alternativas* muito semelhantes a indivíduos cujo contacto com o ensino formal das ciências foi menor. Aliás, além de estudantes universitários, também muitos professores e outros licenciados exibem claramente *concepções alternativas*, sugerindo um certo grau de inconsciência na sua manutenção (Vázquez Alonso, 1994).

#### 5. *Paralelismo com modelos históricos da ciência*

De um modo geral, as *concepções alternativas* possuem um *carácter histórico*, como que reproduzindo ideias e concepções publicamente admitidas em etapas históricas recuadas e que foram refutadas ou grandemente modificadas com a evolução do conhecimento científico (Vázquez Alonso, 1994). Por exemplo, os alunos têm tendência para pensar na adaptação e na evolução em termos mais lamarkianos do que darwinianos; representam a Terra como se ela fosse plana com o céu por cima, tal como era representada, por exemplo, por Thales de Mileto; consideram que a respiração é, apenas, uma ventilação pulmonar e que as plantas obtêm os seus “alimentos” já prontos do meio, de forma análoga à dos animais, à semelhança de modelos pré-lavoisianos (Santos, 1991).

Pérez e Carrascosa (citados por Santos, 1991) advogam que o paralelismo (necessariamente parcial) que se pode estabelecer entre *concepções alternativas* dos alunos e ideias históricas ultrapassadas deve-se a alguma semelhança da meto-

dologia usada pelas crianças e pelos cientistas do passado, metodologia que designam por “metodologia da superficialidade” por se basear em evidências do senso-comum (portanto não controladas). Desse ponto de vista, a história das ciências pode ser utilizada como um meio útil para encorajar os alunos a descobrir e a ultrapassar as suas próprias *concepções alternativas*. Expondo os alunos a erros conceptuais do passado, os professores poderão levá-los a detectar, heurística-mente, os seus próprio erros.

Todavia, há que salientar que nem todos os teóricos e investigadores partilham da mesma opinião, ou seja, da existência de paralelismo entre a evolução genética (pessoal) das concepções e a sua evolução histórica. Entre outros argumentos aponta-se a convicção de que as *concepções alternativas* e as ideias científicas do passado são de categoria epistemológica completamente diferente, o que não permite compará-las. Na mesma linha, Driver (1985) considera ser pouco prudente insistir num paralelismo entre as *concepções alternativas* dos alunos e a progressão das ideias na história das ciências, pois, por um lado, só há alguns traços semelhantes e, por outro, as ideias usadas pelos cientistas no passado faziam parte de um sistema de pensamento globalmente coerente, o que não é o caso das ideias das crianças<sup>4</sup>.

#### **2.3.2.4. *Origem das Concepções Alternativas - Conhecimento Sensorial, Cultural e Escolar***

Parece lógico pensar que as *concepções alternativas* encontram a sua génese na base de aprendizagens informais, resultantes de experiências próprias da vida quotidiana. Mas, na realidade, a situação não é tão simples. O pensamento huma-

---

<sup>4</sup> Ver, a esse respeito, a obra “Psicogénese e História das Ciências”, de Piaget (1987).

no não se rege apenas por critérios formais de raciocínio mas, sobretudo, por critérios pragmáticos ou funcionais; no fundo, é conduzido por critérios de sobrevivência. Nesta linha, as *concepções alternativas* servem para compreender, prever e explicar acontecimentos e fenómenos naturais. Segundo Claxton (citado por Jordi Barrabín e Ramon Sánchez, 1996), trata-se de verdadeiras teorias pessoais que têm um significado muito diferente do que têm para a ciência e do que os professores de ciências dão aos referidos conceitos. Pozo e colegas (1996) propõem a seguinte classificação para as diferentes origens destas ideias:

### 1. *Origem sensorial: concepções espontâneas*

Algumas concepções parecem ter origem na percepção de fenómenos, processos e observações realizados ao longo da vida quotidiana. Quando não se é perito numa dada área, há tendência a confundir as causas com os efeitos. Há evidência de que esta confusão se dá nos alunos quando tentam dar uma explicação às suas percepções. Assim, por exemplo, num pensamento dominado pela percepção, é do *senso comum* pensar que os microorganismos e os vermes que aparecem na carne, quando esta se decompõe, provêm da mesma carne que está apodrecendo (não se vê outra possível origem).

É frequente que os alunos se proponham explicar os fenómenos naturais a partir de um pensamento causal simples, utilizando regras de raciocínio baseadas na contiguidade espacial e temporal de causas e efeitos. Nesta linha, pode-se entender que a maioria das crianças pensa que grande parte das doenças se devem ao contágio (contiguidade espacial) ou dão explicações lamarkianas quando interpretam situações evolutivas, já que a necessidade de alterar e a alteração experimentada pelo organismo mostra uma contiguidade temporal muito maior que as alterações genéticas produzidas ao acaso nas populações e a posterior actuação da selecção natural (pensamento próprio de explicações darwinistas).

## 2. Origem social: concepções induzidas

Estas concepções aparecem por influência do meio social e cultural que rodeia os alunos. O sistema educativo não é o único meio de transmissão cultural; portanto o aluno, ao chegar à escola, transporta já crenças que foram socialmente induzidas sobre muitos fenómenos naturais. O referido meio não se limita à família e à escola, inclui também os meios de comunicação, sobretudo a televisão. Diversos estudos destacam, como uma das fontes principais das ideias prévias do aluno, a influência do meio cultural, exercida essencialmente através da linguagem. A linguagem quotidiana interfere com a linguagem científica porque utiliza muitos termos científicos (temos a título de exemplo: “há que adaptar-se às circunstâncias”, “que respiração mais agitada”, “água de origem mineral”) com um significado bem distinto do atribuído pela ciência. Este facto deve-se ter em conta quando desenhamos processos de aprendizagem que pretendam aproximar o significado quotidiano do científico: será necessário determinar e explicitar previamente as diferenças entre ambos os significados.

## 3. Origem escolar: concepções analógicas

A investigação sobre *concepções alternativas* revela que o próprio sistema escolar pode ser fonte de ideias prévias, através de erros conceptuais presentes nos livros de texto e de uma aprendizagem inadequada, constituindo uma chamada de atenção sobre a ineficácia do ensino tradicional das ciências. O uso de terminologia ambígua ou incorrecta pode, por exemplo, criar confusão (a utilização dos termos de “nutrição” e “alimentação” como sinónimos, frases como “os seres vivos conseguem adaptar-se ao meio”...). Mesmo quando a terminologia científica é adequada, por vezes os alunos não entendem nem apreendem a linguagem utilizada quer pelo professor quer pelos livros de texto, limitando-se a memorizar termos, sem aprender o significado dos conceitos correspondentes, ou sem ter deles uma adequada representação. Outras vezes são os esquemas que induzem em erro: por exemplo, esquemas da fotossíntese representando uma folha de onde

entram e saem gases, representações da circulação sanguínea com metade do sangue de cor vermelha e outra metade de cor azul, ou desenhos bidimensionais da célula.

Em determinadas áreas do conhecimento os alunos podem não dispor de ideias prévias. Quando se propõem tarefas nestas áreas, os alunos costumam desenvolver analogias com ideias ou esquemas de conhecimento provenientes de outras áreas, que ajudam a compreender e a interpretar a nova situação. Os alunos conhecem bem o próprio corpo e tendem a dar, por analogia, explicações de fenómenos naturais, baseando-se no seu próprio funcionamento. É possível que muitas interpretações antropomórficas de processos naturais (dotar de capacidades próprias dos humanos outros animais, assim como as plantas) ou teleológicas (as alterações que se produzem nos organismos fazem-se com a *intenção* ou *finalidade* de melhorar ou sobreviver) derivem do estabelecimento das ditas analogias.

Em síntese, e em consonância com o que é realçado por Santos (1991), é muito importante para o desenvolvimento curricular, para a elaboração de estratégias metodológicas e para a formação de professores, conhecer os vários aspectos ligados à existência de *concepções alternativas* no indivíduo, bem como os resultados de múltiplas investigações realizadas na fase descritiva do *MCA*. No entanto, e dado que esta linha de investigação sobre as *concepções alternativas* acabou por cristalizar um pouco no diagnóstico exaustivo das referidas concepções, não podemos ficar hoje satisfeitos com a sua simples identificação, mas antes procurar, com o alvorecer de uma nova fase do *MCA* (ou na sua sequência), novas formas de tratamento didáctico das *concepções alternativas*, centradas na *mudança e transformação conceptual* como processo de aprendizagem.

## 2.4. TRATAMENTO DIDÁTICO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS: O EXEMPLO DOS MAPAS DE CONCEITOS

A partir da linha de investigação sobre as *concepções alternativas*, cujos resultados são conclusivos quanto à existência de ideias prévias em alunos com diferentes níveis de escolarização, diferentes das da ciência convencional, vários autores têm-se debruçado sobre estratégias promotoras de *mudança e transformação conceptual em ciências*. Esses autores opõem-se aos modelos tradicionais de aprendizagem conceptual, centrados na natureza e na lógica dos conhecimentos a transmitir e na teoria empirista clássica assente na metáfora de que a mente da criança é uma tábua rasa, onde se gravam as informações exteriores (Popper e Lorenz, 1990).

Pelo contrário, subjacentes às teorias e modelos de *mudança conceptual* estão os conhecimentos que o indivíduo já possui e que é necessário reorganizar e modificar.

Para Dagher (1994), a *mudança conceptual* parece, na verdade, ser um processo que terá forçosamente de envolver o indivíduo na sua globalidade:

The conceptual change paradigm ought to endorse a broader conception of change which conjoins propositional and procedural knowledge and accounts for the affective and creative processes that are associated with the education of the whole person and not only the learning of specific concepts. (p. 601)

Alguns estudos neste campo fundamentam-se no modo como é entendido o progresso científico, de acordo com as novas correntes da Filosofia das ciências. Neste contexto, há que fazer referência às posições continuístas, segundo as quais cada teoria contém já os fragmentos da teoria seguinte, construindo-se o conhecimento científico sem rupturas e às posições descontinuístas, que defendem que

a ciência progride através de rupturas, por negação ou reformulação profunda das teorias anteriores.

Os autores que mais se têm distinguido na elaboração de modelos teóricos de *mudança conceptual* pertencem a um grupo de Cornell-Witwatersrand que se auto-intitula de grupo PSHG<sup>5</sup> (Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1982).

Estes autores elaboraram um modelo de mudanças evolutivas, numa perspectiva continuísta e de mudanças radicais, numa linha descontinuísta de *mudança conceptual*.

Segundo Hewson (1981), a *mudança conceptual* num indivíduo pode processar-se de várias formas, embora não independentes. Pode processar-se com a adição de novas concepções por meio de outras experiências, vivenciadas pessoalmente ou com as quais entra em contacto. Pode efectuar-se pela reorganização das concepções existentes. Esta reorganização pode ser provocada externamente por alguma ideia nova ou internamente como resultado de um processo de pensamento, ou pode ainda ocorrer com a rejeição da concepção existente, devido a reorganização conceptual ou ao seu deslocamento a favor de uma nova concepção.

De acordo com este modelo, o professor, depois de identificar os conhecimentos prévios dos alunos e, particularmente, as suas *concepções alternativas*, as quais influenciam bastante as observações e interpretações que estes fazem nas aulas, deve apresentar-lhes então *concepções científicas* de tal forma que provoque a diminuição do estatuto das concepções originais, favorecendo a *captura* ou a *troca conceptual*. Para tal, as *concepções científicas* devem ser seleccionadas e apresentadas de modo a serem vistas pelos alunos como *inteligíveis, plausíveis e frutuosas*.

---

<sup>5</sup> O grupo PSHG é formado por Posner, Strike e Gertzog, do Departamento de Educação da Universidade de Cornell nos EUA, e por Hewson da Universidade de Witwatersrand na África do Sul.

Em suma, o papel do professor deve ser mais lato do que apresentar simplesmente a informação. Deve estimular o confronto entre pontos de vista opostos e ser capaz de avaliar em que fase de *mudança conceptual* se encontram os alunos.

Osborne e Wittrock (1983) referem que muitas vezes as *concepções científicas* são apresentadas aos alunos como menos *inteligíveis, plausíveis e frutuosas*, sendo este um problema central no ensino das ciências. Consideram que, frequentemente, a ordem hierárquica dos tópicos usada pelos “fazedores de programas” e/ou pelos autores de manuais escolares, pressupõe uma atitude não consciente de que as noções não científicas dos alunos não têm impacte na aprendizagem das ideias científicas convencionais.

Com base nas teorias psicológicas do processamento de informação, Osborne propõe um *modelo generativo de aprendizagem*, que postula uma construção activa de significados por parte de um aluno, de acordo com o que está sintetizado no esquema da Figura 1.

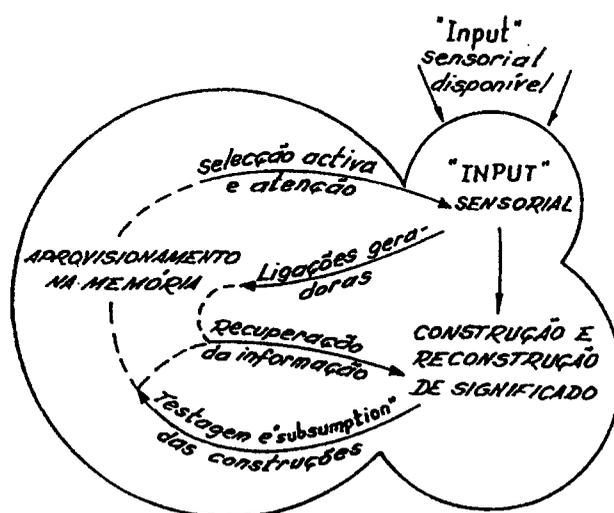


Figura 1 - Representação Esquemática do Modelo Generativo de Aprendizagem de Osborne (extraído de Santos, 1991, p.193)

Como o modelo pretende ilustrar, esta paisagem interna e invisível do pensar do aluno envolve actividades complexas de codificação, de combinação e de comparação selectivas.

Outro modelo que tem recebido atenção por parte de educadores é o do processo do *conflito cognitivo* (Hashweh, citado por Santos, 1991). Este modelo põe a hipótese de que os alunos, quando confrontados com informação discrepante ou passível de gerar conflito, tentarão ajustar as suas formas de conceptualização, com vista à resolução do conflito. Acresce ainda que, para que o conflito seja eficaz, é necessário que os alunos se apercebam, clara e explicitamente, das suas ideias prévias, de forma a poderem reconhecer a existência do próprio conflito.

Consequentemente, para que os alunos possam resolver este tipo de *conflito cognitivo*, é, assim, necessário dar-lhes oportunidades de confrontarem as suas concepções com outras regiões do mundo real, reinterpretá-las e clarificar livremente as suas dúvidas. Para Hashweh, é fundamental que, depois de adquirir as novas concepções, o aluno possa participar em várias actividades de enriquecimento, que lhe permitam aperceber-se da importância dos novos conceitos, da sua relação com outros tópicos e das suas aplicações em diferentes áreas.

Driver (1985) considera, por sua vez, que no desenvolvimento curricular, não só é importante ter em conta a estrutura do assunto, como também as *concepções alternativas* dos alunos. O conhecimento destas é fundamental na planificação das tarefas de aprendizagem, por permitir seleccionar e implementar actividades que as possam desafiar ou mesmo alterar.

De um ponto de vista prático, se o objectivo é promover com sucesso a *mudança conceptual*, há que ter em conta algumas estratégias:

- *Proporcionar aos alunos oportunidades para explicitarem as suas próprias ideias*

Pode ser feito com base em discussões, de pequeno grupo ou de toda a turma, ou pedindo aos alunos para representarem o que pensam sobre uma dada situação (escrevendo, desenhando ou por qualquer outro processo).

- *Introduzir ideias discrepantes*

Há que ter em conta que apresentar simplesmente ideias discrepantes tem, por si só, um efeito limitado. É necessário que os alunos se tenham previamente apercebido de quais os elementos das suas concepções originais que geram expectativas sobre as várias situações. Por outro lado, a existência do *conflito cognitivo* não determina automaticamente um esquema conceptual alternativo.

- *Usar o questionamento socrático*

Quando as ideias dos alunos são inconsistentes e sem relação entre si, a interrogação de tipo socrático pode ajudá-los a aperceberem-se dessa inconsistência e a reconstruírem-nas de forma mais coerente. Com o mesmo objectivo, pode também proporcionar-se a discussão em pequenos grupos, de forma a que os alunos explorem as suas próprias ideias.

- *Encorajar o aparecimento de esquemas conceptuais alternativos*

De forma a encorajar o aparecimento de esquemas conceptuais alternativos, pode-se utilizar como estratégia fomentar discussões entre os alunos, usando actividades de “brainstorming” na turma ou através da introdução das novas ideias, o que pode ser feito pelo professor ou com a ajuda de materiais instrucionais.

- *Usar as novas ideias em situações diversas*

Dada a importância da generalização, é necessário criar oportunidades para que os alunos o possam fazer. Neste sentido, as actividades laboratoriais

podem ser bastante proveitosas, se permitirem aos alunos verificar a gama de aplicações das novas ideias e os limites da aplicabilidade dos resultados experimentais.

Osborne e Tasker (1985) fazem, no entanto, notar que nem todos os professores reconhecem a existência de *concepções alternativas* nos alunos e, muitas vezes, quando se apercebem das dificuldades que elas podem causar na aprendizagem das ciências, ficam sem saber como lidar com a situação.

Nesse sentido, e tendo como objectivo ajudar os professores de ciências a lidar com o problema Cosgrove e Osborne (1985) sugerem um modelo de ensino radicado nos princípios construtivistas e constituído por três fases distintas: *focagem, desafio e aplicação*, sendo precedidas por uma outra fase a que chamaram *fase de preparação do professor* ou "*preliminary phase*".

De acordo com os autores, as principais particularidades de cada uma das fases devem ser:

- *Fase de preparação (preliminary phase)*. O professor deverá proceder a um levantamento das ideias prévias que os alunos costumam manifestar relativas a determinado conteúdo científico, compreender as ideias que os cientistas têm para descrever e aplicar o tópico em questão e efectuar uma análise às ideias que o próprio professor usa para descrever e explicar o mesmo tópico científico. É ainda desejável que o professor, antes de planificar as suas aulas, tente identificar as *concepções alternativas* que os seus alunos possam manifestar sobre os conteúdos científicos que irá leccionar.
- *Fase de focagem (focus phase)*. Deve-se criar um contexto adequado para o trabalho a desenvolver numa fase posterior, o que poderá envolver actividades para focalizar a atenção dos alunos em fenómenos particulares e pensar sobre o significado que atribuirão a determinadas palavras. Os objectivos desta fase

devem ser explicitados aos alunos, de modo a torná-los responsáveis pela sua aprendizagem e familiarizá-los com o contexto em que a mesma irá ocorrer.

- *Fase de desafio (challenge phase)*. São discutidas as ideias dos alunos e o professor introduz as *concepções científicas*. Os alunos poderão propor experiências para verificar as suas ideias, procurando-se, também, a evidência das *concepções científicas*. Se esta fase for frutuosa, terminará com os alunos a colocarem questões, à medida que vão acomodando as novas ideias.
- *Fase de aplicação (application phase)*. Para muitos conteúdos científicos, pode ser a fase de resolução de problemas, onde as soluções ideais implicarão a aceitação de *conceitos científicos* e a discussão acerca dos seus métodos de resolução, deverá incrementar o estatuto das novas concepções.

Cosgrove e Osborne admitem, contudo, que os professores poderão sentir dificuldades na implementação de um método de ensino deste tipo e, por isso, relevam a importância de se introduzirem tópicos particulares sobre as ideias dos alunos e sobre as perspectivas da ciência, bem como determinadas estratégias de *mudança conceptual* nos cursos de formação inicial (pre-service courses) e de formação contínua (in service courses) de professores.

De certo modo, tentámos ir de encontro à proposta apresentada por estes autores, ao termos pensado realizar um estudo com *professores iniciantes/estagiários*, centrado sobre a problemática das *concepções alternativas*.

Acrescente-se, ainda, que, se muitos autores preconizam a necessidade de se continuar a investigar no sentido de esclarecer melhor os processos de *mudança conceptual*, para Solomon (citada por Santos, 1991), esta não é a questão central. Para esta autora, a dificuldade do ensino das ciências reside, com efeito, na complexidade da tarefa de introduzir os alunos numa forma de pensamento nova para eles, mais racional, simbólica e independente do contexto. Deste ponto de vista, é essencial que se ajudem os alunos a discriminar o conhecimento da ciência esco-

lar do conhecimento socializado do cotidiano. Como salientou Kuhn (1970), “only after a number of such transformations of vision does the student become an inhabitant of the scientist’s world, seeing what the scientist sees and responding as the scientist does” (p. 111).

Deste modo, os “modelos” ou “esquemas” que um indivíduo constrói e utiliza para poder interpretar as suas próprias experiências têm sido alvo de estudo por parte da psicologia cognitiva, gerando inúmeras investigações relativas ao funcionamento cognitivo do indivíduo. Esses “esquemas” caracterizam-se por envolverem uma estruturação com uma complexidade variável. Assim, entende-se o conhecimento de um indivíduo como uma série de estruturas implicando a aprendizagem, o desenvolvimento e a mudança dessas estruturas.

No caso concreto dos alunos, é a mudança dessas estruturas do conhecimento que constitui o problema para os professores, tendo em conta o seu papel indutor de *mudança conceptual* com vista ao desenvolvimento cognitivo e global do aluno.

Ausubel (1978), tendo por base o conceito de *aprendizagem significativa*, contraposto ao de aprendizagem rotineira ou mecânica, procurou compreender os fenómenos internos de *mudança conceptual* e as estruturas do conhecimento, chegando à conclusão que é mais fácil que seja aceite uma nova informação ou conceito, se puderem ser integrados ou subsumidos numa estrutura cognitiva existente. Defendeu, por isso, a necessidade de se fornecerem aos alunos aquilo a que chamou “organizadores prévios”, capazes de fazer emergir, suscitar, ou servir de âncora às novas ideias.

Ausubel coloca assim em relevo a importância do conhecimento prévio na aquisição do novo conhecimento, sendo explícita a necessidade de se atender a esse conhecimento prévio para conseguir aprendizagens verdadeiramente significativas por parte dos alunos. No mesmo sentido argumentou Ontoria et al. (1994) quando, ao fazerem a distinção entre os dois tipos de aprendizagens antes consi-

deradas, afirmam: “el aprendizaje significativo, por el contrario, tiene lugar cuando se intenta dar sentido o establecer relaciones entre nuevos conceptos y conocimientos existentes ya en el alumno, o com alguna experiencia anterior” (p. 16).

A aprendizagem significativa implica pois a compreensão das ideias fundamentais de um determinado conteúdo e das suas relações, assim como a sua memorização e integração numa rede de significados. Com o crescimento e crescente organização dessa rede aumenta a capacidade do indivíduo para estabelecer novas relações e produzir novos significados.

A este respeito, e em jeito de síntese, Novak (1998) refere o seguinte:

Meaningful learning has three requirements:

1. Relevant prior knowledge: that is, the learner must know some information that relates to the new information to be learned in some nontrivial way.
2. Meaningful material: that is, the knowledge to be learned must be relevant to other knowledge and must contain significant concepts and proportions.
3. The learner must choose to learn meaningfully. That is, the learner must consciously and deliberately choose to relate new knowledge to knowledge the learner already knows in some nontrivial way. (p. 19)

É nessa perspectiva que emergem e ganham relevância os *mapas de conceitos* (concept mapping) que foram ideia de Novak e do seu grupo de trabalho, no quadro das investigações que realizaram sobre a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, tendo assumido grande importância nos seus estudos desenvolvidos a partir dos anos setenta, o que, aliás, nos é testemunhado pelo próprio Novak (1998), quando afirma: “from 1972 onward, concept maps have played and increasingly important role in our research and instructional programs” (p. 27).

Na verdade, os mapas de conceitos surgiram, segundo Novak (1998), da necessidade de organizar de forma compreensível diferentes conceitos e proposições: “after trying several ways to organize the concept words and propositions, my research group came up with the ideia of concept mapping” (p. 27).

Novak e Gowin (1984) entendem do seguinte modo os mapas de conceitos:

Concept maps are intended to represent meaningful relationships between concepts in the form of propositions. *Propositions* are two or more concepts labels linked by words in a semantic unit. In its simplest form, a concept map would be just two concepts connected by a linking word to form a proposition. For example, “sky is blue” would represent a simple concept map forming a valid proposition about the concepts “sky” and “blue”. (p. 15)

Alguns investigadores consideram os mapas de conceitos como uma tentativa de representação da organização hierárquica de estrutura cognitiva humana (Wandersee, 1990). Um mapa de conceitos pode, nessa perspectiva, ser concebido como uma representação esquemática e visual da hierarquia e das relações entre conceitos contidos na mente, que reflecte o entendimento conceptual de quem o faz, no momento em que o faz, podendo como tal ser entendido como uma técnica de exteriorização de conceitos e proposições muito pessoal. A esse respeito Novak e Gowin (1984) afirmam:

Concept mapping is a technique for externalizing concepts and propositions. How accurately concept maps represent either the concepts we possess or the range of relationships between concepts we know (and can express as propositions) can only be conjecture at this time. (p. 17)

Os mapas de conceitos baseiam-se, assim, no pressuposto epistemológico de que os conceitos, entendidos como abstracções dos atributos essenciais comuns a uma determinada categoria de objectos, acontecimentos, situações ou propriedades, representam as unidades básicas do conhecimento. Deste modo, as estruturas cognitivas são construídas por redes de conceitos ligados entre si por unidades semânticas denominadas proposições.

Assim, os mapas de conceitos têm como componentes fundamentais:

- Conceitos (ou termos que os representam);
- palavras de ligação ou enlace;
- proposições (asserções).

Segundo Boggino (1997), os componentes acima referidos caracterizam-se do seguinte modo:

Los *conceptos*, concebidos como regularidades en los objetos y acontecimientos, se designan mediante algún término o términos conceptuales, pero nunca con una oración. Mientras que los *conectores* son outro tipo de palabras que enlazan y establecen relaciones explícitas entre los conceptos. A diferencia de estos últimos, los conectores no expresan regularidades entre cosas que se pueden observar u objetos y cosas que suceden o acontecimientos, ni tampoco puede haber representaciones mentales de las palabras de enlace. A partir de que los conectores van relacionando los conceptos se forman *proposiciones* (una o varias) que, a su vez, se pueden relacionar entre sí, ya sea por las palabras de enlace o por las jerarquías entre los conceptos que las componen. (p. 14)

Em síntese, os mapas de conceitos são constituídos por conceitos (ou termos) interligados numa teia de proposições, sendo os mais gerais (de maior abstracção e poder de inclusão) representados na parte superior e os mais particulares (de menor abstracção e poder de inclusão) na parte inferior.

De acordo com o que foi proposto por Novak, os conceitos devem ser colocados dentro de uma “elipse” ou de outra figura geométrica para se poderem destacar e diferenciar das palavras de ligação. Os termos conceptuais e as palavras de ligação devem unir-se com linhas de cima para baixo, somente se usando setas quando se relacionam conceitos de partes diferentes do mapa de conceitos, como, por exemplo, nas relações cruzadas e quando se relaciona um conceito subordinado com outro supraordinado (de baixo para cima).

Os *mapas de conceitos* constituem, assim, unidades semânticas que, para além das características já referidas, implicam, para a sua construção, uma *selecção/identificação dos conceitos chave* de um determinado conteúdo, o *estabelecimento de hierarquias* segundo o grau de inclusividade dos conceitos e o *estabelecimento de relações entre os conceitos* por meio de palavras de ligação. Podem ainda ser dados *exemplos específicos*, referidos por baixo dos conceitos correspondentes, devendo estes ficar geralmente na parte inferior do mapa. Boggino (1997) apresenta-nos um mapa de conceitos, esquematizado na Figura 2, tendo

em conta as características já por nós mencionadas e partindo do pressuposto de que “lo que caracteriza y aportan de novedoso los mapas conceptuales son las relaciones establecidas por los conectores y por las jerarquías entre conceptos” (p. 24).

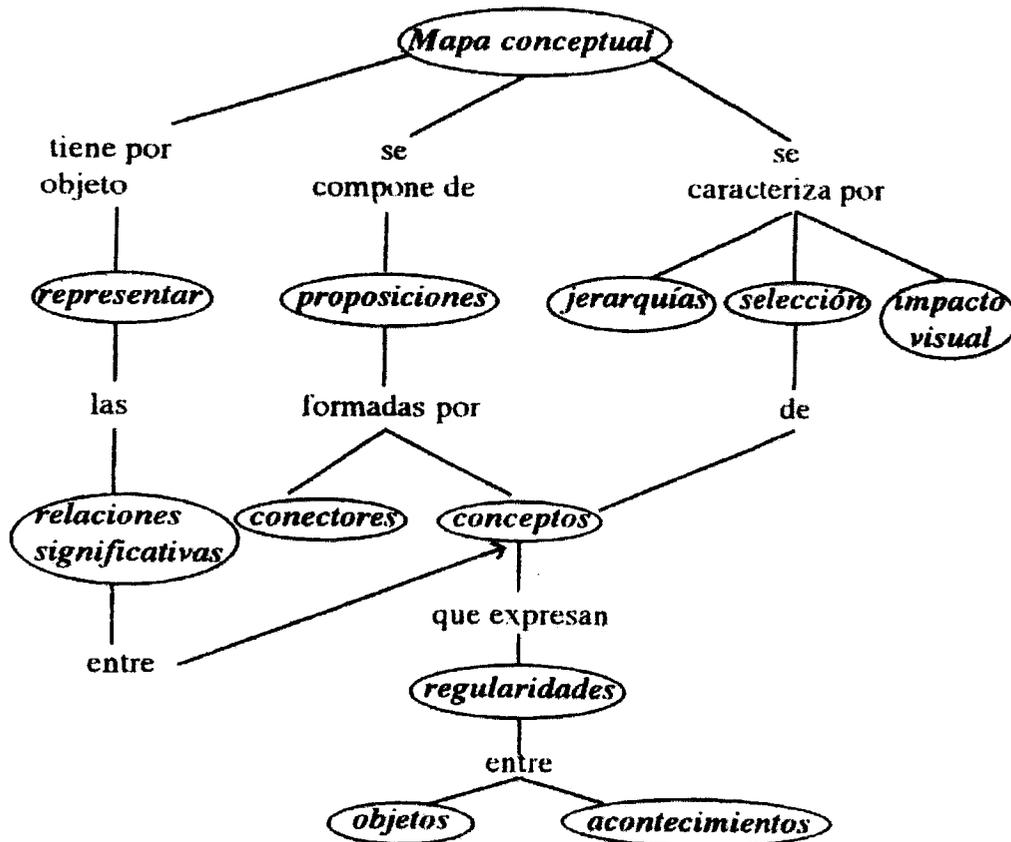


Figura 2 - Mapa de Conceitos Relativo às suas Principais Características (extraído de Boggino, 1997, p. 16)

As características particulares dos *mapas de conceitos* têm merecido destaque por parte de investigadores e formadores nos últimos anos, partindo do princípio que foram criados a partir da concepção de *aprendizagem significativa* e que só nesse âmbito fazem sentido e é relevante a sua implementação.

Têm, assim, sido realizados vários estudos com o objectivo de comprovar as alegadas vantagens pedagógicas do uso desta técnica, instrumento ou mesmo estratégia de ensino e aprendizagem em ciências. É disso ilustrativo o número especial da importante revista *Journal of Research in Science Teaching* editado em Dezembro de 1990 dedicado exclusivamente aos mapas de conceitos sob o título “Perspectives on Concept Mapping”.

Neste contexto, e tendo por base que a estrutura cognitiva de um indivíduo pode ser descrita, segundo Ausubel (1978), como uma série de conceitos organizados de forma hierárquica representativos do seu conhecimento e das suas experiências e ainda que o conhecimento que se possui de uma determinada área consiste na construção de conceitos dessa área de forma coerente e ordenada (Novak, 1995), então os mapas de conceitos poderão ser considerados importantes na medida em que permitem uma representação visual da hierarquia e das relações estabelecidas entre os conceitos contidos na mente em determinado momento por parte de um indivíduo. De acordo com García (1992), “un mapa conceptual debe verse como “un mapa conceptual”, y no como “el mapa conceptual” de un determinado conjunto de conceptos. Cualquier mapa conceptual debe ser considerado como una de las posibles representaciones de una cierta estructura conceptual” (p. 152).

Deste modo, os mapas de conceitos permitem conhecer as ideias prévias dos alunos sobre determinados temas, nomeadamente as suas *concepções alternativas* (Contreras, 1997; Enger, 1996; Novak e Gowin, 1984). Isso mesmo nos é dito por Novak e Gowin (1984), na seguinte asserção:

Because concept maps are an explicit, overt representation of the concepts and propositions a person holds, they allow teachers and learners to exchange views on why a particular propositional linkage is good or valid, or to recognize missing linkages between concepts that suggest a need for new learning. Because they contain externalized expressions of propositions, we have frequently found that concept maps are remarkably effective tools for showing misconceptions. (p. 20)

As *concepções alternativas* podem, desse modo, ser identificadas quando, por exemplo, num mapa de conceitos se estabelecem, através de palavras de enlace, ligações entre conceitos pouco apropriadas, da quais resultam proposições incorrectas ou mesmo quando se fazem ligações entre diferentes conceitos sem explicitar correctamente uma *concepção científica*.

Foi neste sentido que considerámos que seria vantajoso para o nosso estudo utilizar mapas de conceitos elaborados pelos sujeitos investigados. Pretendíamos, desse modo, aprofundar o nosso conhecimento acerca das suas *concepções alternativas e científicas*.

Por outro lado e de acordo com García (1992), “los significados de nuestros conceptos de hechos u objetos cambian con el tiempo, puesto que aprendemos acerca de una variedad más amplia de ejemplos y relacionamos unos conceptos con otros de nuevas maneras” (p. 150). Tornam-se pois os mapas de conceitos muito úteis como forma de notar que, à medida que ocorre *mudança conceptual*, também os mapas de conceitos de quem sofreu a mudança mudam, conseguindo-se fazer com isso uma avaliação quanto à qualidade de uma determinada aprendizagem. A este respeito, acrescenta o mesmo autor: “el hecho de que el mapa conceptual sea una representación de la estructura cognoscitiva del alumno nos va a permitir su utilización para medir los cambios en la misma a medida que se realiza la enseñanza” (p. 155).

Na verdade, os mapas de conceitos podem representar, de forma resumida, esquemática e hierárquica, o que foi aprendido sobre determinado tema científico, dando real sentido à já clássica expressão “*aprender a aprender*”, na medida em que um aluno pode participar de forma activa na sua própria aprendizagem, sentindo-se mais livre e criativo ao utilizar como técnica de estudo os mapas de conceitos aplicados a qualquer conteúdo científico, pois, no processo da sua elaboração e/ou discussão, os alunos são obrigados a sintetizar conhecimentos adquiri-

dos e a identificar relações entre os conceitos, podendo chegar à conclusão que o seu entendimento sobre alguns conceitos não é significativamente diferenciado.

Por outro lado, os mapas de conceitos facilitam o intercâmbio necessário entre o aluno e o professor e ajudam a revelar que conceitos estão presentes nos materiais de ensino. A aprendizagem passa muito por uma partilha de significados e os mapas de conceitos tornam-se relevantes na exploração e negociação de significados atribuídos a diferentes conceitos (García e Iraizoz, 2001).

Em suma, os *mapas de conceitos* têm-se vindo a impor como algo de muito útil para explicitar os esquemas conceptuais dos alunos em determinado momento e em áreas do conhecimento científico concretas. Paralelamente, têm-se mostrado relevantes na planificação, leccionação e mesmo avaliação do processo de ensino e aprendizagem, a este respeito Novak (1998) refere:

Moreover, as students gained skill and experience in constructing concept maps, they began to report that they were learning how to learn. They were becoming better at meaningful learning and found they could reduce or eliminate the need for rote learning. Concept maps were helping to empower them as learners. They also help to empower the teacher, for they are useful as a tool for teachers to negotiate meanings about knowledge with students, and also to design better instruction. (p. 27)

No entanto, muito existe ainda que investigar acerca das potencialidades de aplicação dos *mapas de conceitos* em matéria de ensino e aprendizagem das ciências, como aliás nos sugere García (1992) ao citar Novak: “queda mucho camino por recorrer para determinar la fuerza de los mapas conceptuales para hacer la ciencia conceptualmente transparente a los profesores y, a su vez, a sus alumnos” (p. 156).

Ainda assim, vários autores têm sido unânimes em considerar que este instrumento, dependendo dos objectivos que se pretendam alcançar, pode ter aplicações muito úteis, tanto para os professores como para os alunos.

Deste modo, os *mapas de conceitos* podem ajudar o professor, nomeadamente em actividades como:

- *Planificação das actividades educativas*, desde a planificação do ano escolar à planificação dos períodos lectivos, unidades didácticas ou mesmo das aulas. Pela sua clareza e concisão, permitem uma visão global do conjunto de dados que o professor tem de ter em conta ao planificar, permitindo ao mesmo tempo a percepção das relações entre os tópicos principais das diferentes unidades didácticas. A elaboração de um mapa de conceitos, tendo em vista a planificação lectiva anual e, eventualmente, a(s) sua(s) reformulação(ões), poderá permitir ao professor ter uma visão mais integrada da estrutura de um determinado currículo e da forma como se relacionam os conceitos-chave.

Por outro lado, os mapas de conceitos, ao apresentarem conceitos e proposições de forma hierárquica, poderão ajudar, por exemplo, a elaborar uma planificação de unidade didáctica, através da utilização dos conceitos da parte superior do mapa (os de maior inclusão) e a elaborar os respectivos planos de aulas, realizados a partir dos conceitos da parte inferior do mapa (os de menor inclusão).

- *Exposição de conteúdos*, partindo do pressuposto de que um mapa de conceitos poderá ajudá-lo a si e aos alunos a centrarem a atenção num número reduzido de conceitos-chave necessários a determinada aprendizagem. A elaboração, apresentação, análise e discussão de um mapa de conceitos com os alunos poderá, ainda, facilitar a comunicação entre o professor e o aluno, promovendo a integração e clarificação dos conceitos envolvidos.
- *Avaliação*, não só do próprio trabalho do professor, na medida em que rapidamente pode avaliar, por exemplo, quais os conceitos abordados com os alunos acerca de determinado conteúdo programático e os que ainda estarão por

abordar, como também o trabalho e as aprendizagens dos alunos, aos níveis das avaliações de diagnóstico, formativa e sumativa.

Assim, o professor pode recorrer aos mapas de conceitos para identificar ideias prévias dos alunos, nomeadamente as suas *concepções alternativas* relativas a determinado tópico científico, tentando detectar relações erradas estabelecidas entre conceitos ou mesmo conceitos inexistentes. Poderá desse modo ajustar o processo de ensino e aprendizagem aos seus alunos, escolhendo os adequados métodos, estratégias e materiais de ensino nas actividades a desenvolver.

No decurso das aulas, a construção com os alunos de mapas de conceitos poderá revelar-se de extrema utilidade na avaliação, por exemplo, da adequação das opções metodológicas e das actividades realizadas, podendo-se proceder a reajustes ou mesmo correcções de todo o processo de ensino e aprendizagem. No fim de uma aula ou unidade didáctica, a construção de um mapa de conceitos pelo aluno poderá permitir avaliar se houve ou não uma aprendizagem verdadeiramente significativa, uma vez que um mapa de conceitos, quando construído individualmente pelo aluno, representa a forma como este interpretou os novos conceitos e os integrou na sua estrutura cognitiva.

A avaliação realizada pelo professor pode ser quantificada tendo por base uma escala no sentido de pontuar os vários aspectos a ter em consideração quando se elabora um mapa de conceitos. Esta possibilidade é aliás apresentada por Ontoria et al. (1994) quando referem: “para la técnica de los mapas, existen varias escalas de puntuación, todas con cierto grado de objectividad, aunque cualquier profesor puede hacer la suya propia, a nivel personal” (p. 111). Podem pois ser objecto de classificação o número e tipo de proposições construídas (relação entre conceitos), a hierarquização dos conceitos, as relações estabelecidas entre as diferentes partes do mapa de conceitos (relações cruzadas) e ainda os exemplos apresentados.

Os mapas de conceitos para o professor podem pois funcionar como um modo de estruturação de conceitos a ensinar relativos a determinado tópico científico, uma vez que o podem auxiliar a desenvolver uma espécie de mapa de caminhos pelos quais a instrução pode seguir. Assim, e de acordo com Bogino (1997), “las aplicaciones de los mapas conceptuales deben pensarse como *estrategia para la construcción de conocimientos* en el marco del proceso de enseñanza y aprendizaje” (p. 18).

Nesse sentido, para o **aluno** os *mapas de conceitos* também se revelam de grande utilidade, nomeadamente ao lhe proporcionarem:

- *Maior facilidade em aprender*, na medida em que quer construa o seu próprio mapa ou analise um eventualmente já elaborado, o aluno terá de fazer um esforço consciente para determinar quais os conceitos mais gerais e quais os mais específicos, visto uma boa representação hierárquica poder ser estruturada de vários modos, mas todas elas deverem ter em comum o facto de o conceito mais inclusivo, mais geral, estar no topo e os mais específicos estarem na base.

Por outro lado, os mapas de conceitos, quando utilizados na introdução/apresentação de um conteúdo, tornam mais evidentes os conceitos a aprender e as suas relações com conceitos já adquiridos anteriormente. Sempre que são elaborados em grupo, o processo de discussão, negociação e selecção das relações entre conceitos e das palavras de enlace pode facilitar a *aprendizagem significativa* (Roth, 1994). Têm-se ainda demonstrado como úteis na memorização de muitos conceitos e das suas relações (Ontoria et al., 1994).

- *Mais uma ferramenta para elaborar sínteses*, uma vez que os mapas de conceitos são construídos com um número relativamente reduzido de conceitos o que faz com que o aluno, à partida, se tenha de concentrar nos conceitos-

-chave de determinado tópico, melhorando a compreensão, facilitando a memorização, a estruturação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos. Os mapas de conceitos são pois um meio para que o aluno sintetize os seus conhecimentos.

- *Uma técnica de estudo*, uma vez que os mapas de conceitos podem permitir uma maior consciencialização dos principais aspectos a abordar num trabalho, dado que, ao apresentar as relações entre os conceitos mais gerais e inclusivos a tratar, constitui um bom suporte e estrutura de um trabalho a realizar. Tem-se notado ainda que os alunos, de um modo geral, reconhecem as vantagens dos mapas de conceitos no estudo de temas abordados na aula, tornando-os mais activos e concentrados nas tarefas de aprendizagem (Ontoria et al., 1994).
- *A promoção de competências de pensamento*, evidentes durante a construção de um mapa de conceitos, tarefa que implica um processo de reflexão sobre as possíveis ligações entre os conceitos em estudo e sobre todo o acto que envolve a sua elaboração. A integração dos novos conceitos na estrutura cognitiva existente cria dificuldades que vão sendo superadas mediante actividade reflexiva por parte do aluno. Esse processo reflexivo implica a análise, aceitação ou rejeição e ainda inúmeras tentativas de ligação entre os novo e velho conhecimentos.

Esta actividade cognitiva permite o desenvolvimento da capacidade de reflexão sobre a própria aprendizagem realizada, o que quer dizer que se desenvolve a capacidade metacognitiva do aluno. Por outro lado, a organização hierárquica dos conceitos pode facilitar a transferência do conhecimento para novas situações, promovendo a resolução de problemas.

- *O desenvolvimento de competências sociais*, dado que os mapas de conceitos podem ser realizados em grupo; a sua construção e finalização implicam aná-

lises, discussões de diferentes propostas, aceitação de pontos de vista diferentes, tolerância e respeito por opiniões diferentes (Roth, 1994).

Em síntese, considerando as diferentes aplicações educativas dos *mapas de conceitos*, professores e alunos podem juntos, na sala de aula, tirar partido das várias vantagens que estes podem proporcionar, como forma de conseguirem *ensinos e aprendizagens verdadeiramente significativos*:

El profesor es un mediador entre la estructura conceptual de la disciplina y la estructura cognitiva del estudiante. El profesor debe ser un facilitador de los aprendizajes del alumno, una de cuyas funciones consiste en proporcionar el alumno una selección de contenidos culturales significativos, además de unas estrategias cognitivas que permitan la construcción eficaz de nuevas estructuras cognitivas. (Ontoria et al., 1994, p. 51)

## **2.5. O CONHECIMENTO DO PROFESSOR DE BIOLOGIA: O CASO ESPECIAL DA NUTRIÇÃO E RESPIRAÇÃO DAS PLANTAS**

Os vários temas que têm vindo a ser abordados ao longo do presente capítulo, são decisivos para se compreender quer a relevância da Educação em Ciências para todos os indivíduos na sua formação básica, quer o papel da escola no que respeita à forma como desenvolve essa educação ao longo de toda a escolaridade, quer ainda o papel específico do professor de ciências enquanto promotor do conhecimento científico e, por extensão, de literacia.

Tem sido unanimemente aceite que à escola cabem funções como as de veicular um campo de conhecimentos socialmente válidos, proporcionar alguma compreensão do processo e natureza da ciência e ainda favorecer o desenvolvimento de atitudes científicas.

Deste modo, pede-se ao professor de ciências, em geral, e ao professor de Biologia, em particular, que tenha concepções correctas sobre a natureza da ciência e da actividade científica, bem como uma adequada compreensão acerca do modo como os alunos aprendem ciências. Tudo isto, evidentemente, num quadro de desenvolvimento do próprio professor, enquanto profissional da educação ciente de que se move, assim como os seus alunos, numa sociedade em mutação acelerada, o que o obriga, para além de uma sólida formação inicial, a uma formação contínua ao longo de todo o seu percurso profissional, no sentido de evitar que se instale numa prática rígida, rotineira e obstinadamente resistente à mínima ideia de mudança (Huberman, 1989).

Neste sentido assumem particular relevância os conhecimentos do professor de ciências acerca dos conteúdos a seleccionar, ensinar e ainda articular, referentes

aos vários tópicos científicos que a escola terá de ministrar no âmbito de uma determinada área disciplinar.

O processo de formação e desenvolvimento do professor deve integrar, para além das múltiplas valências estruturantes da sua matriz de conhecimento profissional, o *conhecimento do conteúdo* e o *conhecimento pedagógico*, ambos constituindo um sistema global e sinérgico que alguns autores designam de *conhecimento pedagógico do conteúdo*. Shulman (1987), ao tentar conceptualizar o ensino de uma forma estruturada e do ponto de vista do professor propõe um modelo de **base de conhecimento** composto por sete categorias, três das quais relacionadas com o *conteúdo do ensino*: o conhecimento dos tópicos a ensinar, o conhecimento pedagógico do conteúdo e o conhecimento do currículo. As outras quatro referem-se ao conhecimento pedagógico geral, ao conhecimento dos alunos, dos contextos e dos fins e ainda dos objectivos e valores educativos.

O *conhecimento pedagógico do conteúdo* é a categoria do conhecimento do professor proposta por Shulman que vai para além do conhecimento dos conteúdos a leccionar. Visa, especialmente, o *conhecimento dos conteúdos para efeitos de ensino efectivo*. Trata-se pois de um conhecimento com total intencionalidade didáctica, daí que alguns autores o denominem de *conhecimento didáctico*. Este inclui as formas mais úteis de apresentar os conceitos, as analogias, as explicações, os exemplos e demonstrações didacticamente mais poderosos, ou seja, as formas de abordagem que tornam um determinado conteúdo mais compreensível para os alunos. Inclui, ainda, o conhecimento dos factores que tornam a aprendizagem dos conceitos mais ou menos acessível para os alunos, particularmente as crenças e concepções que os alunos possam trazer para a sala de aula (Neto, 2000).

Isto significa reconhecer, que conjuntamente com aprendizagens formais, os alunos possuem ideias ou “teorias informais” sobre os mais diversos domínios que afectam a interpretação do quotidiano. Nesse sentido, cada aluno chega à escola,

e concretamente à aula de Ciências Biológicas (*Estudo do Meio*, no 1º Ciclo do Ensino Básico; *Ciências da Natureza*, no 2º Ciclo do Ensino Básico; *Ciências Naturais*, no 3º Ciclo do Ensino Básico; *Ciências da Terra e da Vida, Técnicas Laboratoriais de Biologia e Biologia*, no Ensino Secundário e disciplinas de Ciências Biológicas do Ensino Universitário), com “uma biologia” intuitiva a par de “uma física”, “uma química”, para além de um conhecimento informal sobre o mundo social, histórico, económico e psicológico que, no seu dia-a-dia, lhe conferem alguma compreensão e adaptabilidade ao real (Pozo, 1996).

No ensino das ciências, e particularmente no ensino da Biologia, é, assim, fundamental que o professor tenha em consideração as ideias e explicações dos alunos sobre os fenómenos naturais, ou seja, tenha em conta as suas *concepções alternativas* sobre os mais diversos aspectos. Esse facto deve, aliás, ser encarado como natural, tratando-se de tópicos científicos de difícil compreensão e abordagem como o são, por exemplo, os temas relativos à *Nutrição das Plantas*, vulgarmente designado por *Processo Fotossintético* e *Respiração das Plantas*, enquanto *Processo de Respiração Celular*.

Na realidade, estes são temas científicos considerados habitualmente e consensualmente por professores e alunos de diferentes graus de ensino como “difíceis”. Para uns, “difíceis de ensinar”, para outros, “difíceis de aprender”.

De facto, os *Processos Fotossintético e de Respiração Celular* caracterizam-se por serem processos bioenergéticos que se dão mediante uma série de longas cadeias de reacções físicas e químicas complexas, sequenciadas, coordenadas e controladas por uma série de enzimas, havendo simultaneamente um aproveitamento de energia que vai sendo transferida de reacção química para reacção química, no decurso de vias metabólicas nas quais ocorrem, portanto, inúmeras reacções catabólicas e anabólicas.

Ambos os processos ocorrem dentro das células de seres vivos em estruturas próprias - organitos celulares, concretamente os cloroplastos, no caso da *Fotossíntese* e as mitocôndrias, no caso da *Respiração Celular* (referimo-nos à maior parte das reacções).

Embora já muito se conheça acerca destes processos bioquímicos, complementares na Natureza, continuam, ainda assim, a ser alvo de forte investigação científica, havendo muito por descobrir no sentido de os compreender inteiramente, ideia esta, aliás, confirmada por Taiz e Zeiger (1998), quando afirmam: “first, when green tissues are exposed to light, respiration and photosynthesis operate simultaneously and interact in ways that are not fully understood” (p. 308).

Apesar disso, não existem dúvidas de que a luz solar é a fonte de energia primária e fundamental para todos os processos biológicos na Terra. A vida no nosso planeta mantém-se e desenvolve-se à custa de transferências permanentes de energia. Os seres vivos e, conseqüentemente, as suas células obtêm energia essencialmente de duas formas:

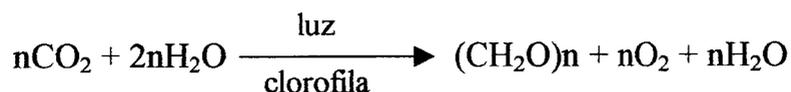
- Certas *radiações luminosas* são utilizáveis pelos organismos autotróficos, como plantas superiores, algas e algumas bactérias, dotadas de clorofila e capazes de transformar a energia luminosa em *energia química*, sintetizando compostos orgânicos a partir de moléculas inorgânicas simples. Os *organismos fotossintéticos* podem utilizar directamente essa energia, os outros organismos dependem deles para obterem a sua energia química.
- A *energia química* dos compostos orgânicos assim sintetizados pelos seres vivos autotróficos, incluindo as plantas, constitui a fonte de energia para todos os outros seres vivos, os *organismos heterotróficos*, quer directamente (para o caso dos animais herbívoros, por exemplo), quer indirectamente (para o caso dos animais carnívoros, por exemplo). A energia química de certos compostos minerais (S, Fe, NH<sub>3</sub>, por exemplo) pode igualmente ser utilizada, mas apenas por alguns microorganismos especiais (Weil, 1983).

De acordo com Mauseth (1995),

sunlight maintains and increases the orderliness of life by two methods: (1) directly, in the process of photosynthesis, which produces complex organic compounds, and (2) indirectly, in the respiration of those organic compounds, either by the organism itself or by another organism that eats it. (p. 263)

De uma forma muito simples e sintética, iremos caracterizar, de seguida, os principais aspectos que se prendem com a *Nutrição e Respiração das Plantas*.

Começemos por referir que, etimologicamente, “fotossíntese” significa “síntese pela luz”, sendo possível converter a energia luminosa em energia química de moléculas orgânicas. As descobertas que abriram o caminho à compreensão da fotossíntese, desde Aristóteles que estabeleceu a chamada *teoria do húmus*, fizeram com que os seus aspectos básicos fossem já bem conhecidos no início do século XX. Sabia-se que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e a água (H<sub>2</sub>O) eram usados no processo, que a energia necessária provinha da luz e que a fotossíntese só ocorria nas células que continham clorofila. Sabia-se, ainda, que se libertava oxigénio e que o primeiro composto que se podia detectar era um hidrato de carbono (Meyer, Anderson, Böhning e Fratianne, 1973). Em termos genéricos, a fotossíntese traduz-se quimicamente pela seguinte equação:



em que: CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono; H<sub>2</sub>O - água; O<sub>2</sub> - oxigénio; (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> - compostos orgânicos (glúcidos) formados na fotossíntese.

Os estudos continuaram muito na linha do pensamento de Weir, Stocking, Barbour e Rost (1982) quando afirmam: “in order to understand a complex series of reactions such as those that make up photosynthesis, it is necessary to take the process apart as much as possible and to study each reaction separately” (p. 236).

Logo em 1905, Blackman, na sequência dos resultados de estudos realizados sobre a variação da actividade fotossintética em função da intensidade luminosa e

concentração de dióxido de carbono, sugeriu que a fotossíntese poderia ser dividida em duas fases: uma directamente dependente da luz (fase luminosa) e outra não directamente dependente da luz (fase escura). Hoje, relativamente a este aspecto, considera-se que as fases são sucessivas e intimamente relacionadas, ocorrendo na *fase dependente directamente da luz* reacções fotoquímicas em que a energia luminosa captada pelos pigmentos fotossintéticos é transformada em energia química, utilizada na fase seguinte. Nesta fase, verifica-se a dissociação da água em oxigénio e hidrogénio, processo este designado por fotólise da água. Este processo foi assim designado por, durante anos, se ter considerado que a dissociação da água era consequência directa da acção da luz. Hoje pensa-se que tal não acontece. A ruptura da molécula da água resultará, de acordo com o que se aceita actualmente, de uma acção enzimática. Na *fase não dependente directamente da luz*, realizam-se reacções de síntese de moléculas orgânicas, em que o dióxido de carbono é incorporado, utilizando a energia química armazenada na primeira fase.

Embora se considerem classicamente estas duas fases da fotossíntese, sabemos que nem todas as reacções da primeira fase dependem directamente da luz e que algumas enzimas que intervêm na segunda fase têm de ser activadas previamente pela luz.

Entre 1946 e 1953, Calvin e seus colaboradores conseguiram, através do dióxido de carbono com carbono radioactivo, descobrir as reacções que ocorrem no estroma do cloroplasto e que conduzem à síntese de compostos orgânicos. Verificaram concretamente que o carbono radioactivo aparecia integrado em moléculas dos hidratos de carbono então formados, trinta segundos depois de se ter iniciado a fotossíntese. Interrompendo o processo a intervalos de tempo definidos, foi possível identificar os compostos intermediários, bem como a sua relação com as fontes de energia química gerada durante a fase directamente dependente da luz. Em homenagem àquele investigador, o conjunto de reacções que se realizam no

estroma é designado por Ciclo de Calvin, também conhecido por Ciclo do Carbono ou ainda por Ciclo das Pentoses, por o dióxido de carbono ser introduzido no ciclo através de uma pentose.

Em 1954, Daniel Arnon e seus colaboradores, após alguns anos de pesquisa, conseguiram isolar os cloroplastos das folhas de espinafres e verificaram que a fotossíntese ocorria nestes organitos celulares, aliás, tal como Theodor Engelmann já o tinha feito em 1881, quando, decompondo a luz visível com um prisma de vidro, demonstrou que as regiões do espectro que levavam a uma maior libertação de oxigénio eram as correspondentes ao vermelho-laranja e ao azul-violeta.

Ainda nos anos cinquenta, Robert Emerson verificou que a luz de comprimentos de onda superiores a 690 nm era pouco eficaz na realização da fotossíntese. No entanto, se se iluminassem as plantas com luz de comprimentos de onda superiores ou inferiores a 690 nm, simultaneamente, a taxa de fotossíntese obtida era superior à soma das taxas para cada tipo de radiação. Este efeito sinérgico ficou conhecido como efeito Emerson. A importância destes trabalhos foi mostrar que existem dois fotossistemas que actuam conjuntamente na fase da fotossíntese directamente dependente da luz.

Embora se considere que os produtos finais da fotossíntese são essencialmente os glúcidos, outros compostos orgânicos podem ser sintetizados a partir de alguns dos compostos intermediários do Ciclo de Calvin, como por exemplo o aldeído fosfoglicérico. Assim, a fotossíntese é ainda responsável pela síntese, entre outros compostos orgânicos essenciais às células das plantas, de todos os ácidos gordos e glicerol, de todos os carotenóides e de quase todos os aminoácidos.

O esquema da Figura 3 dá-nos uma ideia geral sobre o mecanismo da fotossíntese, o qual, segundo Hopkins (1995), tem duas fases fundamentais:

Photosynthesis occurs in two stages. The first involves a series of electron transport reactions in which light energy is converted to stable chemical forms: NADPH and ATP. In the second stage, the NADPH and ATP are used to reduce carbon di-

oxide to sugars. Ultimately, the goal of photosynthesis is to provide organic carbon for increasing the biomass of the organism and the energy to build and maintain that biomass. (p. 123)

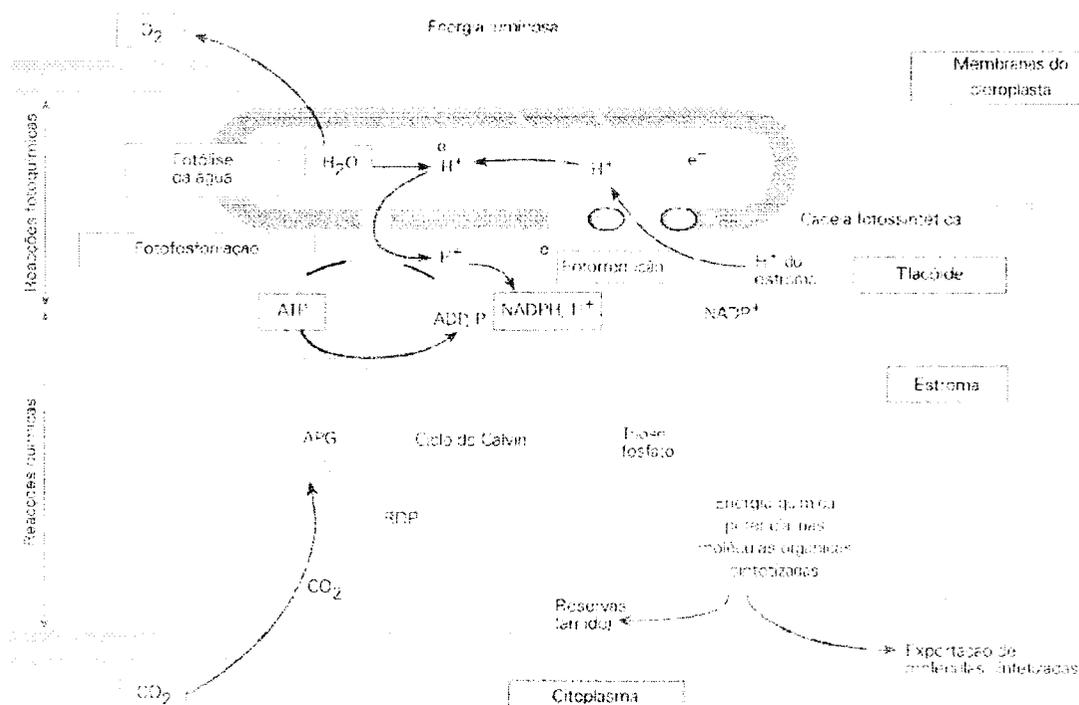


Figura 3 - Esquema Representativo dos Fenômenos que Globalmente Ocorrem nas Diferentes Etapas da Fotossíntese (extraído de Roque, Ferreira e Castro, 1997, p. 37)

Referimos inicialmente que as plantas são seres autotróficos capazes de usar a energia solar para sintetizar os seus compostos orgânicos, também designados na literatura por fotossintetizados, nutrientes orgânicos e ainda alimentos, a partir do dióxido de carbono e da água. No entanto, neste processo têm de estar também presentes os nutrientes minerais, constituintes da maioria dos substractos, aos quais as plantas estão ligadas. A este respeito, Tiaz e Zeiger (1998) referem:

Plants are autotrophic organisms capable of using the energy from sunlight to synthesize all their components from carbon dioxide, water, and mineral elements dissolved in the soil solution. Studies of plant nutrition have shown that specific mineral elements are essential for plant life. These elements are classified as macronutrients or micronutrients, depending on the relative amounts required. (p. 122)

De facto, os nutrientes minerais são essenciais para a vida das plantas; basta pensar na fórmula química da clorofila-*a* ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) e da clorofila-*b* ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ), para pensarmos na importância dos nutrientes minerais. A esse respeito, Weier, Stocking, Barbour e Rost (1982) afirmam:

Thus, it is seen that the synthesis of chlorophyll depends upon a supply of nitrogen and magnesium, both derived from salts in the soil. Moreover, chlorophyll is not formed unless iron is available, although this element is not a component of the chlorophyll molecule. Leaves of plants deficient in nitrogen, magnesium or iron are pale and yellow, a condition termed chlorosis. This abnormal condition may also be caused by other factors, but when it occurs, the rate of photosynthesis is lowered. (p. 252)

Ainda de acordo com os mesmos autores:

Plants utilize elements in four basic ways: (a) The elements may form part of structural units, such as carbon in cellulose or nitrogen in protein. (b) Elements may be incorporated into organic molecules important in metabolism, like magnesium in chlorophyll or phosphorus in ATP. (c) Elements may function as enzyme activators, necessary as catalysts in certain enzymatic reactions. Magnesium is used as an enzyme activator in several of the enzymatic steps of glucose degradation in the process of respiration. (d) Elements in ions help to maintain the osmotic balance, for example, potassium in guard cells. (p. 208)

A qualidade e a quantidade de sais minerais disponíveis no meio pode, assim, condicionar o metabolismo celular das plantas, bem como a sua intensidade fotossintética que está dependente de outros factores, podendo ser avaliada pela quantidade de oxigénio libertado ou pela quantidade de dióxido de carbono dissolvido por unidade de tempo.

Qualquer variação relativa aos intervenientes no *Processo Fotossintético* influencia, logicamente, a sua intensidade. Assim, a quantidade de água e de dióxido de carbono disponíveis no meio podem fazer alterar a intensidade da fotossíntese. Também a variação da intensidade luminosa e a temperatura podem provocar alterações na sua intensidade. Por outro lado, a acção dos diferentes factores na intensidade fotossintética, embora possa ser analisada separadamente, como a acção é simultânea, pode, na realidade, cada um deles interferir na acção dos outros.

Como forma de síntese, apresentamos um mapa de conceitos onde se explicitam os principais conceitos-chave, proposições, hierarquias e cruzamentos entre diferentes conceitos possíveis de estabelecer sobre o tema da fotossíntese.

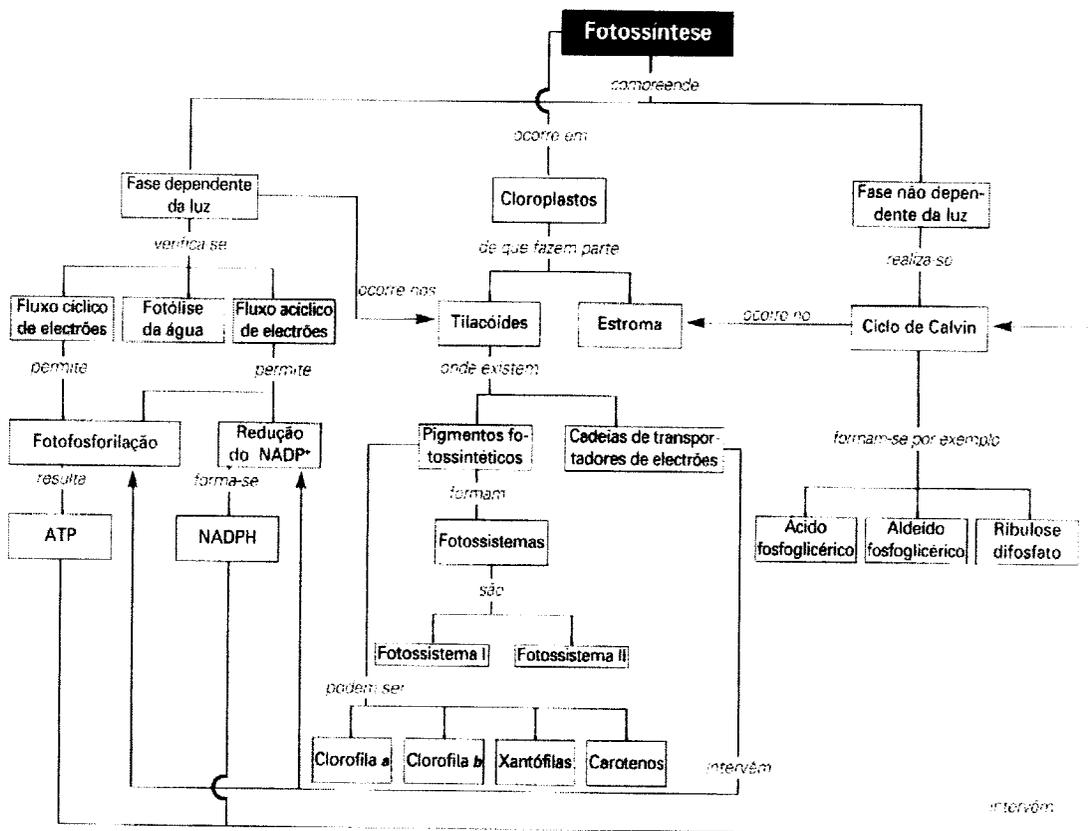


Figura 4 - Mapa de Conceitos Relativo ao Processo Fotossintético (adaptado de Silva et al., 1997)

Nas plantas, uma quantidade considerável de glicose é utilizada na produção de celulose, a molécula orgânica mais abundante nas plantas superiores. Outra parte pode ser armazenada sob a forma de substâncias de reserva, como o amido, em diferentes órgãos, tais como as folhas, caules, frutos e sementes. No entanto, cerca de 50% dos produtos orgânicos formados na fotossíntese são consumidos nas diferentes reacções do metabolismo celular.

Mas as plantas, tal como os animais, não conseguem aproveitar a energia armazenada nos compostos orgânicos instantaneamente. São necessárias determinadas

reações químicas para que seja libertada a energia contida nos hidratos de carbono que são transportados na maior parte das vezes sob a forma de sacarose ou de um dos seus derivados (glicose e frutose). Este conjunto de reações químicas, cujo substracto inicial *sensu lato* é a sacarose, que ocorrem ao nível do citoplasma e nas mitocôndrias das células, designa-se por *respiração celular*.

Nas plantas este processo pode ser definido da seguinte maneira, de acordo com Hopkins (1995): “cellular respiration consists of a series of pathways by which carbohydrate and other molecules are oxidized for the purpose of retrieving the energy stored in photosynthesis and to obtain carbon skeletons used in the growth and maintenance of the cell” (p. 232).

Também no que diz respeito à respiração das plantas se têm vindo a desenvolver inúmeras investigações científicas, desde pelo menos o século XVIII, quando o holandês Ingen-Housz descobriu não só o processo da fotossíntese mas também o da respiração vegetal. Posteriormente, o suíço Théodore de Soussure obteve resultados concludentes quanto à absorção de oxigénio e à emissão de dióxido de carbono por todas as partes verdes das plantas, quando às escuras. Foi o primeiro fisiologista a medir nas plantas a taxa respiratória (oxigénio consumido ou dióxido de carbono libertado por unidade de biomassa, expressa em peso fresco ou seco, volume, etc.). Na mesma altura, Dutrochet defendeu que a respiração era um processo idêntico nos animais e plantas, processo esse acompanhado pela libertação de calor e de cujas variações de energia a ele associadas dependia todo o crescimento e movimento das plantas (Contreiras, 1992).

De acordo com Contreiras (1992): “essencialmente, pode afirmar-se que por volta de 1840 os fisiologistas vegetais eram de opinião de que a actividade vital de uma planta dependia do processo respiratório” (p. 25). Anos mais tarde, e com base em conclusivas investigações, Garreau defendeu que a respiração das plantas era um processo fisiológico permanente que tinha, portanto, lugar não só na escuridão mas também à luz, ocorrendo, neste último caso, concomitantemente com a

fotossíntese. Em 1872 e 1875, em dois trabalhos publicados sobre o assunto, Pflüger formula claramente o problema da localização da actividade respiratória e estabelece, de uma vez para sempre, que a respiração é um processo intracelular, concluindo que a absorção de oxigénio e a emissão de dióxido de carbono têm lugar dentro das células de todos os organismos, desde os protozoários até aos animais superiores e plantas.

Apesar do reconhecimento dos factos já referidos, isso não impediu que se tivesse gerado à volta do termo respiração um certo caos semântico, sendo vulgar ver-se a palavra associada a acepções diferentes. É o caso da associação do termo ao acto de inspirar e expirar uma mistura gasosa, normalmente ar atmosférico. É evidente que a respiração das plantas não se enquadra neste sentido do termo. Nas plantas as permutas gasosas efectuem-se directamente entre o ar e as células vivas e não entre o ar e um fluido orgânico, como nos animais superiores. Os tecidos vegetais são abastecidos de oxigénio através do processo de difusão gasosa.

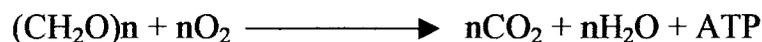
Nas plantas verdes as células com cloroplastos e clorofila, devido à fotossíntese, aprovencionam os tecidos de oxigénio durante o dia. No período nocturno, as células consomem oxigénio atmosférico, o qual chega até elas por difusão. Se a taxa de utilização do oxigénio é superior à taxa com que ele é suprido por difusão, as células podem entrar então em metabolismo anaeróbio, o qual subsiste até que haja de novo oxigénio disponível por acção da luz solar.

Como nos é dito por Contreiras (1992), só em 1960 foi formulada uma definição para respiração vegetal, por Stiles e Leach, muito próxima de como é actualmente entendida:

. . . a característica essencial do que agora se chama respiração não reside numa troca particular de gases entre o organismo e o ambiente, embora ela em geral ocorra, *mas sim no catabolismo ou degradação de substâncias complexas em outras mais simples com libertação de energia*. Foi este processo que eles designaram por respiração aeróbia, expressão adoptada posteriormente por outros biólogos vegetais e à qual o bioquímico Beeker (1977) chamou *metabolismo respiratório aeróbio*. (pp. 39-40)

Hoje em dia a respiração vegetal é entendida como a oxidação de substratos constituídos por açúcares (essencialmente sacarose) ou outras substâncias, a partir da qual se gera uma sequência de reacções que leva à formação de dióxido de carbono e água, como produtos finais. Durante a respiração ocorre ainda a formação de cadeias de carbono ou compostos intermédios, resultantes da degradação gradual e controlada das moléculas do substrato original, cadeias essas que funcionam como fontes de novas biogéneses (Contreiras, 1992). Forma-se ainda uma grande quantidade de energia sob a forma de ATP.

Podemos, nesse sentido, representar, através de uma equação química, o processo da respiração celular vegetal, do seguinte modo:



em que:  $(CH_2O)_n$  - compostos orgânicos (sacarose preferencialmente) formados na fotossíntese;  $O_2$  - oxigénio;  $CO_2$  - dióxido de carbono;  $H_2O$  - água; ATP - molécula de Adenosina Trifosfato.

A propósito da energia que se vai formando ao longo de todo o processo e que resulta na formação de um determinado número de moléculas de ATP, dizem-nos Azcon-Bieto e Talon (1996):

En los animales, la energía liberada a partir de la oxidación completa de una molécula de glucosa para formar  $CO_2$  y  $H_2O$  en glucólisis y las reacciones respiratorias de las mitocondrias, en teoría conducen a la síntesis neta de 36 moléculas de ATP. Sin embargo, en las plantas, debido a que existen rutas alternativas para la conversión de almidón y sacarosa en substratos respiratorios, y debido a que parte del transporte electrónico en las mitocondrias no está acoplado a la síntesis de ATP, la estequiometría de la síntesis de ATP no se puede calcular tan fácilmente. Es probable que esta estequiometría varíe dependiendo de las necesidades de una célula concreta o de un tejido en particular, pero hasta ahora no se tiene una idea clara de como se regula tal variación. (p. 191)

A figura que a seguir se apresenta permite, de algum modo, ficar com uma ideia acerca das diferentes fases da respiração celular, bem como acerca de algumas das reacções que lhes estão associadas.

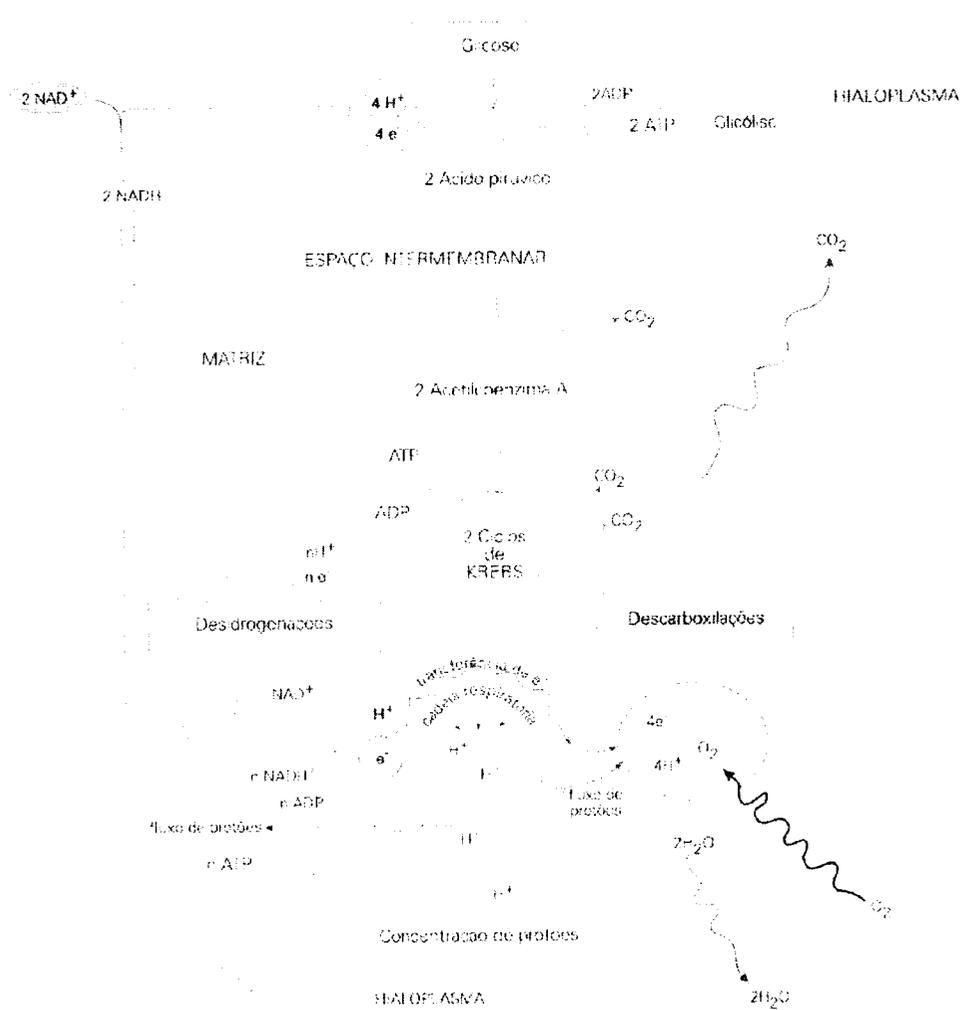


Figura 5 - *Esquema Representativo dos Fenômenos que Globalmente Ocorrem nas Diferentes Etapas da Respiração Celular (extraído de Roque, Ferreira e Castro, 1997, p. 59)*

No processo da respiração celular vegetal são consideradas habitualmente três fases fundamentais, aglutinadoras de várias reacções bioquímicas; aliás, esta foi a proposta que, em 1972, fez Becker (citado por Contreiras, 1992):

- Glicólise - uma sequência metabólica comum à respiração aeróbia e anaeróbia que ocorre no citoplasma das células.
- Ciclo do ácido cítrico, ciclo dos ácidos tricarboxílicos ou ciclo de Krebs - que se realiza dentro das mitocôndrias.

- Cadeia transportadora de electrões ou cadeia respiratória - que se dá também dentro das mitocôndrias.

A respiração é pois um processo essencial para a planta, uma vez que torna possível o seu crescimento, desenvolvimento, reprodução e, de um modo genérico, a manutenção da sua vida.

Tal como acontece no caso da fotossíntese, também a respiração celular vegetal pode ser influenciada por diversos factores. São disso exemplo o número de células, as acções mecânicas e corte dos tecidos, a temperatura e a disponibilidade de oxigénio. Este aspecto é aliás referido por Mauseth (1995), quando refere: “as with photosynthesis, numerous environmental factors influence the rate of respiration. It is necessary to consider the integration of respiration into the total biology of the plant as well as the metabolic pathways involved” (p. 314).

A variação destes factores, em separado ou em conjunto, pode condicionar os níveis de produção por parte das plantas, da energia biologicamente útil (ATP) para as várias actividades realizadas ao nível das células vegetais.

Tentando de algum modo sintetizar o processo da respiração celular, apresenta-se, em seguida, um mapa de conceitos, onde se evidenciam os principais conceitos-chave, proposições, hierarquias e cruzamentos entre diferentes conceitos possíveis de estabelecer sobre o tema em questão.

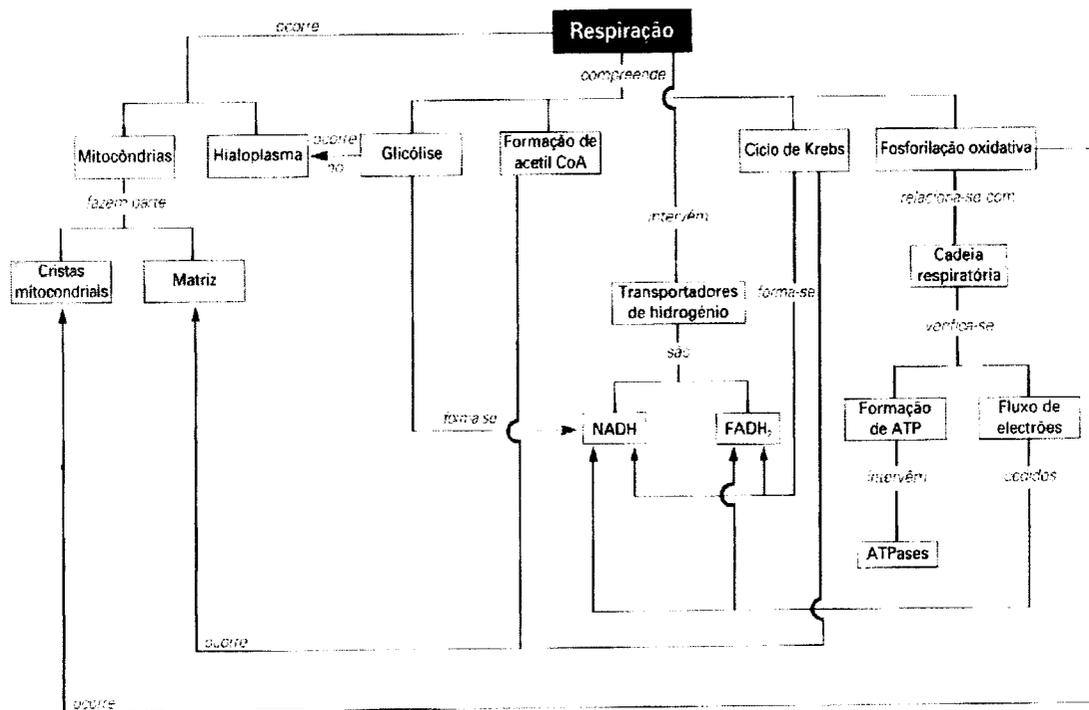


Figura 6 - Mapa de Conceitos Relativo ao Processo da Respiração Celular (adaptado de Silva et al., 1997)

Na história da evolução dos conhecimentos relativos à fotossíntese e à respiração celular nas plantas, é possível identificar relevantes conclusões com base nas investigações então realizadas, no sentido de compreender a verdadeira simultaneidade e complementaridade dos dois processo bioenergéticos.

Assim, Ingen-Housz encarou a respiração das plantas como um processo distinto do da “purificação do ar” realizado à custa das plantas verdes quando iluminadas. No entanto, não manifestou qualquer opinião firme quanto à possibilidade de os dois processos ocorrerem simultaneamente nas partes verdes iluminadas, embora tivesse verificado que a respiração era detectável em folhas verdes que vivem à sombra.

Com base numa detalhada e ponderada revisão de literatura publicada até 1865, Sachs clarificou e estabeleceu definitivamente a diferença e relação existente no plano das trocas gasosas entre a fotossíntese e a respiração das plantas.

Passou entretanto quase um século, até que fossem confirmados os resultados e conclusões de Garreau quanto à coexistência de fotossíntese e respiração, quando as plantas se encontram à luz.

A simultaneidade dos dois processos só ficou, todavia, verdadeiramente provada com as experiências realizadas em 1953 por Brown, o qual, recorrendo ao uso do  $^{18}\text{O}$  (um isótopo estável do oxigénio), constatou que a absorção deste pelas algas *Chlorella*, outras algas e diversas plantas superiores, não era praticamente afectada pela luz em intensidades baixas e moderadas (Contreiras, 1992).

Hoje sabemos que na fotossíntese os átomos de hidrogénio são transferidos da água até ao dióxido de carbono, reduzindo-o, formando-se um hidrato de carbono. A energia química acumulada nesse composto orgânico é mobilizada durante o processo de respiração em que é oxidado. Os átomos de hidrogénio transitam desde esse composto orgânico até ao oxigénio (tratando-se da respiração aeróbia), reduzindo-o. Em ambos os processos, há síntese de moléculas de ATP, utilizando para isso a energia de fluxo de electrões, através de cadeias transportadoras existentes na membrana interna dos cloroplastos e das mitocôndrias. A origem dessa energia é no entanto diferente.

No cloroplasto existem constituintes da membrana interna, os fotossistemas, que captam energia luminosa, utilizando-a para excitar electrões dos centros de reacção. Esses electrões são transferidos, então, ao longo de cadeias de transportadores, também integradas na membrana interna.

Na mitocôndria os electrões são provenientes de moléculas orgânicas que são oxidadas, sendo os electrões transferidos ao longo de cadeias de transportadores, inseridos na membrana interna.

Existem portanto estruturas idênticas a nível do cloroplasto e da mitocôndria, permitindo a ocorrência de processos idênticos. Apesar disso, o ATP, no cloro-

plasto, é sintetizado por fotofosforilação, enquanto na mitocôndria é sintetizado por fosforilação oxidativa (Silva et al., 1997).

Cloroplastos e mitocôndrias apresentam pois uma estrutura basicamente idêntica mas com características específicas e adequadas às funções que desempenham nos processo de fotossíntese e de respiração celular, os quais se consideram hoje duas vias metabólicas interdependentes e complementares, essenciais à vida das plantas e, conseqüentemente, à vida na terra:

We have seen that all living cells respire and that respiration provides chemical energy and certain intermediate compounds, both needed for many cell functions. This intimate relationship between respiration and other celular reactions can readily be seen when one considers the formation of carbohydrates, fats, amino acids, and proteins in the cell. All these compounds are ultimately derived from the sugars produced during photosynthesis. (Weier, Stocking, Barbour e Rost, 1982, p. 264)

Dada a complexidade dos temas em estudo - *Nutrição das Plantas/Processo Fotossintético e Respiração das Plantas/Respiração Celular* - pareceu-nos importante definir cinco dos principais conceitos científicos relativos aos temas alvo de investigação. De acordo com a opinião directa do Professor Doutor Luís Carlos Gazarini, Botânico do Departamento de Biologia da Universidade de Évora, e com base na literatura científica consultada, o corpo de conhecimentos representante das *concepções científicas*, actualmente aceites pela comunidade científica, que esteve nuclearmente na base da pesquisa, foi o seguinte:

- **Planta** - Ser vivo pluricelular, eucarionte, autotrófico e fotossintético. As plantas têm a capacidade de produzir os seus próprios nutrientes orgânicos, como os hidratos de carbono (sacarose, glicose, amido, celulose, por exemplo), mas também os seus lipídeos e prótidos. As plantas são os produtores. São elas que conseguem transformar a matéria inorgânica (dióxido de carbono, água e sais minerais) em matéria orgânica que é introduzida nas cadeias alimentares dos ecossistemas. Por isso, realizam o processo da fotossíntese em todas as suas células providas de cloroplastos com clorofila, situadas es-

sencialmente nas folhas e caules, sobretudo jovens (com estrutura primária). Realizam também o processo da respiração celular em todas as suas células.

- **Fotossíntese** - Processo bioquímico e bioenergético realizado em todas as células das plantas superiores, algas e algumas bactérias, providas de cloroplastos com clorofila. Através deste processo, a energia radiante do Sol é transformada em energia química, estando presentes o dióxido de carbono e a água. No processo formam-se compostos orgânicos (utilizados pelas células vegetais ou armazenados no seu interior) e oxigénio (utilizado pelas células ou libertado para o exterior). Durante o processo, forma-se também ATP.
- **Respiração** - Processo bioquímico e bioenergético realizado em todas as células da planta (citoplasma e mitocôndrias). Através deste processo, a energia química dos compostos orgânicos formados durante a fotossíntese (principalmente os hidratos de carbono, nomeadamente a sacarose) é libertada mediante reacções químicas sucessivas e armazenada em moléculas de ATP, de modo a poderem ser utilizadas como fonte de energia biologicamente útil, em todos os processos do metabolismo celular. O processo também ocorre na ausência de oxigénio - respiração anaeróbia, mas neste caso é menos eficiente do que quando ocorre na presença do oxigénio - respiração aeróbia. Como produtos finais do processo, formam-se o dióxido de carbono e a água.
- **Nutrientes** - Por definição, significa toda a substância que tem a propriedade de nutrir, isto é, de se transformar em matéria num ser organizado. O termo nutriente é equivalente ao termo nutritivo em termos de significado. Os nutrientes podem ser agrupados em dois grandes grupos - o dos nutrientes orgânicos (hidratos de carbono, lípidos, proteínas e vitaminas) e o dos nutrientes inorgânicos ou minerais (água e sais minerais).

As plantas sintetizam nutrientes orgânicos através da fotossíntese e utilizam e necessitam além da água de uma série de sais minerais que retiram do meio envolvente, sobretudo do solo, através da absorção pelas raízes (macronutri-

entes e micronutrientes). O conceito de nutriente difere assim do de alimento que é considerado como sendo toda a substância composta por nutrientes ou princípios nutritivos. Os alimentos são constituídos quase sempre por uma mistura de substâncias nutritivas - os nutrientes - não sendo constituídos, assim, por componentes unitários puros. Alimento pode ser considerada toda a substância que, ingerida por um ser vivo, o alimenta ou nutre, ou ainda tudo o que digerido alimenta ou serve de nutrição.

- **Nutrição** - Significa acto ou efeito de nutrir (-se). Função pela qual, em termos fisiológicos, os seres vivos organizados absorvem e/ou assimilam a nível celular as substâncias nutritivas ou nutrientes, determinando o aumento e/ou manutenção da sua biomassa. O conceito de nutrição difere do de alimentação na medida em que este último diz respeito ao acto de um ser vivo se alimentar, isto é, digerir ou absorver alimentos que irão servir, geralmente após uma digestão, para a sua nutrição.

Atente-se que no corpo de conhecimentos que tem vindo a ser anteriormente referido, foram omitidos os aspectos mais aprofundados da bioquímica das reacções fotossintéticas e respiratórias. É o caso, por exemplo, das reacções que se passam ao nível das fotofosforilações, do ciclo de Calvin, dos locais do cloroplasto onde as diversas reacções ocorrem, da formação de ATP/ADP (Adenosina Trifosfato/Adenosina Difosfato), da glicólise, do ciclo de Krebs, da fosforilação oxidativa, dos locais da mitocôndria onde as diversas reacções ocorrem e dos mecanismos das cadeias transportadoras de electrões. Tínhamos consciência, contudo, que no estudo que efectuámos, os investigadores poderiam, eventualmente, referirem-se a esses aspectos.

Tentámos definir os limites mínimos de um conteúdo que resultasse da intersecção entre a perspectiva ecológica, por um lado, e as perspectivas bioquímica e fisiológica, por outro, sabendo que, ao longo dos vários anos de escolaridade, os temas relativos à Nutrição e Respiração das Plantas são abordados nestas três

perspectivas, embora a abordagem seja diferente e realizada com diferentes graus de profundidade, em cada um dos anos de escolaridade.

No Quadro 4, apresentamos, a título ilustrativo, a relação entre os vários conteúdos programáticos, relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, abordados nas diversas disciplinas e ano/semestre em que são leccionados.

Quadro 4

*Conteúdos Programáticos, Relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, de Diferentes Disciplinas por Ano/Semestre (adaptado de Marques, Bettencourt, Amaral e Faria, 1994)*

| Grau de Ensino | Ano/Semestre | Disciplina                                   | Conteúdos Programáticos  |
|----------------|--------------|--|--|
| EB             | 1º           | Estudo do Meio                               | Os seres vivos do seu ambiente. Alguns cuidados a ter com as plantas e os animais.                           |
|                | 2º           | Estudo do Meio                               | Partes constitutivas das plantas mais comuns.  |
|                | 3º           | Estudo do Meio                               | Alguns factores do ambiente que condicionam a vida das plantas e dos animais. Cadeias alimentares simples.   |
|                | 5º           | Ciências da Natureza                         | Diversidade das plantas. Morfologia das plantas com flor.  |
|                | 6º           | Ciências da Natureza                         | Trocas nutricionais entre as plantas e o meio. Como se alimentam? Importância das plantas para o mundo vivo. |
|                | 7º           | Ciências Naturais                            | A comunidade biótica. Circulação da matéria e fluxo de energia.  |
| ES             | 10º          | Ciências da Terra e da Vida                  | A célula. Sistemas endomembranares. Mitocôndrias e cloroplastos.   |
|                | 10º          | Técnicas Laboratoriais de Biologia - Bloco 1 | Nutrição autotrófica - Fotossíntese. Mobilização da energia dos nutrientes - Respiração celular.             |
|                | 11º          | Ciências da Terra e da Vida                  | Origem da energia - Produção e mobilização de ATP - O processo fotossintético. Respiração e fermentação.     |
|                | 11º          | Técnicas Laboratoriais de Biologia - Bloco 2 | Solo e nutrição das plantas. Estrutura e crescimento nas plantas superiores. Transporte nas plantas.         |
|                | 12º          | Biologia                                     | Digestão nas plantas. Nutrientes. Fluxo de energia e produtividade no ecossistema.                           |
| EU             | 1º/1º        | Biologia I                                   | Fotossíntese. Respiração Celular.  |
|                | 3º/5º        | Fisiologia Vegetal I                         | Fotossíntese. Nutrição mineral.  |

Legenda: EB - Ensino Básico; ES - Ensino Secundário; EU - Ensino Universitário/Curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia na Universidade de Évora.

O mais prejudicial dos preconceitos é (aquele de que resulta) que qualquer forma de investigação científica possa ser proscrita.

Goethe

## II COMPONENTE EMPÍRICA

Importa, acima de tudo, que o investigador seja capaz de conceber e de pôr em prática um dispositivo para elucidação do real, isto é, no sentido mais lato, um método de trabalho.

Quivy (1992)

## Capítulo 3

### METODOLOGIA

### **3.1. ENQUADRAMENTO EPISTEMOLÓGICO**

#### **3.1.1. Abordagem à Questão Metodológica**

Os actos de ensinar e aprender encerram múltiplas facetas e uma complexidade e heterogeneidade muito próprias. Esse facto leva a que, quando se pretende investigar algo no domínio das ciências da educação, entendidas como a pluralidade articulada do saber científico unificado e total sobre a educação (Patrício, 1983), se deva ter de pensar de uma forma bastante cuidada na escolha da melhor metodologia a seguir.

É natural mesmo que, de início, o investigador educativo sinta alguma preocupação, envolvida numa ambiência de desordem e inquietação. Esse estado inicial deve, no entanto, levá-lo a um outro, que lhe possibilite e promova um acto criador, no sentido de estabelecer o seu plano de actuação, o qual implicará a escolha da metodologia adequada.

Para L. Anderson e Burns (citados por Neto, 1995), a “metodologia está relacionada com a forma de obtenção e recolha de dados e com o modo como deles se derivam significados” (p. 409). Sendo assim, a metodologia escolhida para uma investigação deverá contemplar os procedimentos a utilizar para conhecer melhor a realidade em estudo e ao mesmo tempo a forma como se trata a informação recolhida e se inferem conclusões. Ainda para L. Anderson e Burns (citados por Neto, 1995), “ao contrário do que frequentemente sucede, é conveniente separar o conceito amplo de metodologia dos conceitos mais específicos de método, técnica ou instrumento de pesquisa” (p. 409).

Dada a natureza da educação, facilmente se compreende que a investigação educacional necessite de ir buscar e adoptar muitos dos procedimentos metodológicos típicos de outras áreas do conhecimento, como sejam as ciências sociais e

humanas (sociologia e psicologia, por exemplo). Esse facto tem contribuído para que nem sempre tenha havido consenso no que diz respeito às metodologias e técnicas mais apropriadas à pesquisa em contexto educativo, especialmente no que concerne à realidade da sala de aula (Neto, 1998).

Em suma, quando se pensa levar a cabo uma investigação, a escolha da metodologia mais apropriada é uma das decisões mais importantes a tomar, a qual, todavia, encerra em si algumas dificuldades, sobretudo quando se trata da educação (Riba, 1992).

### 3.1.2. Métodos Quantitativos e Qualitativos na Investigação Educacional

Até há relativamente poucos anos, levar a cabo uma investigação educacional implicava, quase exclusivamente, o recurso a metodologias seguidas, sobretudo, pelas ciências físico-naturais e utilizar o rigor e precisão típicos das ciências matemáticas. A este respeito, parecem-nos ilustrativas as seguintes asserções de Ary e outros (citados por Carrasco e Hernández, 2000):

Desde la perspectiva **empírico-analítica** (positivista), investigar en educación consiste en la *aplicacion del método científico - próprio de las Ciencias Naturales - al estudio de los problemas educativos*. Se establece siempre una relación de causa-efecto. En sentido amplio puede entenderse como la aplicación del método científico al estudio de los problemas educativos. (pp. 21-22)

A quantificação, fidelidade, objectividade e a generalização das conclusões eram tidas como aspectos de grande importância para a corrente, de marca empírico-positivista, que então dominava os meios da investigação nas ciências da educação. Mais recentemente, empreender uma investigação passou a ser, para muitos, encarado de um modo algo diferente, muito em resultado da adesão crescente a modalidades de investigação de cunho mais qualitativo e interpretativo:

Para la concepción **interpretativa** (constructivista), investigar es *comprender la conducta humana des los significados e intenciones de los sujetos que intervienen en el escenario educativo*. Desde esta perspectiva, el propósito de la investigación educativa es interpretar y comprender los fenómenos educativos, más que aportar explicaciones de tipo causal. (Ary e outros, citados por Carrasco e Hernández, 2000, p. 22)

Os métodos qualitativos, com afirmação particular junto da comunidade científica das ciências sociais e humanas, têm vindo, assim, a conquistar o seu espaço próprio. A este respeito, parece elucidativa a seguinte passagem retirada do prefácio da tradução à obra de Bogdan e Biklen (1994), “Qualitative Research for Education”:

Um campo que era dominado pelas questões da mensuração, definições operacionais, variáveis, teste de hipóteses e estatística, alargou-se para contemplar uma metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais. Designamos esta abordagem por “Investigação Qualitativa”. (p. 11)

Antes de continuarmos, e em jeito de síntese, parece oportuno salientar o que, no entender de Neto (1998), parece caracterizar os investigadores quantitativos e os qualitativos:

Para os investigadores quantitativos, para além de sistemática, a investigação deve ser também “científica”, no sentido em que o são a física ou a matemática, por exemplo. Esses investigadores – frequentemente rotulados de “positivistas” pelos seus adversários – argumentam, conseqüentemente, que a pesquisa educacional deve utilizar os métodos e os procedimentos empíricos das ciências físico-naturais e algum do rigor e precisão das ciências matemáticas.

Os investigadores qualitativos, em contrapartida, têm argumentado ser a natureza do mundo social a tal ponto específica que a investigação nele desenvolvida deve ser forçosamente diferente da investigação do mundo físico-natural. Proclamam assim, como alternativa, a importância e a necessidade de se descobrirem as significações e as interpretações dos intervenientes no processo. Advogam, por isso, uma abordagem de natureza “interpretativa”. (p. 261)

Apesar das divergências quanto às metodologias e técnicas a usar em investigação educacional, ambas as correntes convergem em concordar com uma definição geral de investigação educacional como sendo aquilo que se pode designar de “pesquisa sistemática”, quer dizer, uma pesquisa caracterizada por algumas exi-

gências de rigor e orientada por um conjunto de princípios e regras característicos de cada paradigma em causa (Hitchcock e Hughes, citados por Neto, 1998). A cada corrente de investigação educacional, quantitativa ou qualitativa, em desacordo relativamente aos métodos usados em investigação - apesar da convergência anteriormente apontada - parece estar subjacente um choque básico entre diferentes paradigmas metodológicos.

Nesta linha de pensamento está Rist (citado por Cook e Reichardt, 1995) quando afirma:

En definitiva la cuestión no estriba *per se* en unas estrategias de investigación. Lo que sucede más bien es que la adhesión a un paradigma y su oposición a otro predispone a cada uno a concebir el mundo, y los acontecimientos que en él se desarrollan, de modos profundamente diferentes. (p. 28)

Como consequência, um paradigma envolve não só uma determinada concepção filosófica geral, mas também uma relação com um determinado tipo de método de investigação.

Para McCracken (1988), a diferença mais significativa entre os paradigmas quantitativo e qualitativo diz respeito ao modo como cada um define e analisa as suas categorias. Segundo o paradigma da investigação quantitativa, isolam-se e definem-se as categorias da forma mais precisa possível, antes da investigação ser realizada, depois são determinadas as relações entre essas categorias. Para o paradigma da investigação qualitativa, as categorias são geralmente isoladas e definidas durante o processo da investigação.

Mergulhando um pouco na história da investigação educacional, convém referir que estas e outras diferenças parecem ter feito com que tivessem existido, desde pelo menos a *década de sessenta*, debates, por vezes acessos, entre os investigadores educativos, em que uns advogavam a utilização de metodologias e técnicas de pendor quantitativo, mostrando-se outros mais favoráveis à utilização de metodologias e técnicas de investigação de pendor qualitativo.

Os anos sessenta foram, com efeito, uma época de tumulto e mudanças sociais, durante a qual sociólogos e os antropólogos, particularmente, reavivaram o interesse pela investigação qualitativa; os próprios investigadores educacionais, dada a chamada de atenção por parte da sociedade para os problemas educativos, começaram a manifestar interesse por essa abordagem (Bogdan e Biklen, 1994).

Apesar disso, a investigação educacional de orientação qualitativa era, nessa altura, ainda um pouco marginalizada pela comunidade científica. Só no final da referida década ela se começaria, de facto, a afirmar, através da realização e publicação de um número crescente de trabalhos com essa marca metodológica.

É assim que, no início da *década de setenta*, a investigação qualitativa utilizada em trabalhos de investigação educativa, embora não dominante, deixou de ser considerada como marginal. Reconheceu-se, por fim, que a utilização das metodologias quantitativas era só por si insuficiente para explicar todos os problemas alvo de investigação. Passou-se, desse modo, a dar maior importância a metodologias que fornecessem uma compreensão da realidade educativa e social, tal como ela é vivenciada e interpretada pelos próprios intervenientes no processo investigativo, ou seja, fortemente contextualizada.

Assim se compreende que, já nos *anos oitenta*, o tipo de investigação quantitativa, até aí, de certo modo, dominante, viesse a ser alvo de fortes contestações. Consideravam os mais críticos que ela se tinha revelado pouco produtiva e pouco eficaz, nomeadamente ao nível da sala de aula, onde os acontecimentos são sempre ricos e, ao mesmo tempo, complexos.

No fim da década de oitenta começa, assim, a ser fortemente posta em causa uma concepção quantitativa e positivista da realidade educativa. As investigações educativas tradicionais, que até então tinham dominado as atenções da comunidade científica educacional, tornaram-se alvo de inúmeras críticas, dadas as suas características e limitações. Os esforços no sentido de aplicar o designado “método

científico” ao estudo de questões especificamente humanas, como é o caso do ensino e da aprendizagem escolares, revelaram-se completamente infrutíferos.

Passa, pelo contrário, a ser conferida maior atenção à educação, agora ligada às intenções, aos objectivos e aos contextos que lhe conferem significado. Começaram-se a não negligenciar as questões éticas e sociais, dando-se maior atenção às relações que se podem estabelecer entre a escola e a sociedade.

As tensões entre os investigadores quantitativos e qualitativos diminuíram de expressão, tendo-se caminhado, progressivamente, para um certo clima de diálogo entre os dois grupos.

Deste modo, a investigação educacional nos *anos noventa* acaba por reflectir a ideia dos investigadores, segundo a qual serão despropositadas as posições de conflito ou antagónicas entre as correntes objectivo-quantitativas, subjectivo-qualitativas ou mesmo ético-sociais. Isto apesar de “muitas das questões debatidas pelos investigadores educacionais na década de setenta permanecerem como tópicos fulcrais na década de noventa” (Bogdan e Biklen, 1994, p. 43).

Acaba, no entanto, por se compreender que os paradigmas quantitativo e qualitativo não são rígidos, fixos e imutáveis. Existe a possibilidade de modificações e de outras opções, isto pensando em termos das metodologias a seguir em trabalhos de investigação, por exemplo.

Quer isto também dizer que o emprego nas investigações educacionais de distintos métodos, no sentido de conhecer melhor determinadas realidades educativas, não implicará necessariamente concepções diferentes acerca dessas realidades. Não implica conceber o mundo de formas diferentes.

Presentemente, assistimos ao que Lincoln e Denzin (citados por Gómez, Flores e Giménez, 1996) denominam de quinto momento da investigação qualitativa, que se pode resumir, segundo as palavras daqueles autores, do seguinte modo:

La investigación cualitativa es un campo interdisciplinar, transdisciplinar y en muchas ocasiones contradisciplinar. Atraviesa las humanidades, las ciencias sociales y las físicas. La investigación cualitativa es muchas cosas al mismo tiempo. Es multiparadigmática en su enfoque. Los que la practican son sensibles el valor del enfoque multimetódico. Están sometidos a la perspectiva naturalista y a la comprensión interpretativa de la experiencia humana. Al mismo tiempo, el campo es inherentemente político y construido por múltiples posiciones éticas y políticas.

El investigador cualitativo se somete a una doble tensión simultáneamente. Por una parte, es atraído por una amplia sensibilidad, interpretativa, postmoderna, feminista y crítica. Por otra, puede serlo por unas concepciones más positivistas, postpositivistas, humanistas y naturalistas de la experiencia humana y su análisis. (pp. 31-32)

Na actualidade, colocam-se, em suma, aos investigadores questões novas do tipo:

- Será necessariamente um positivista lógico o investigador educativo que empregue métodos quantitativos?
- Será necessariamente um fenomenólogo o investigador que empregue métodos qualitativos?
- Será necessariamente a investigação quantitativa penetrante e controlada?
- Será necessariamente a investigação qualitativa naturalista e não controlada?
- Serão necessariamente objectivos os métodos quantitativos?
- Serão necessariamente subjectivos os métodos qualitativos?

E ainda, segundo Lessard-Hébert, Goyette e Boutin (1994):

- “Perante a complexidade dos fenómenos estudados, poder-nos-emos contentar com uma única abordagem?”
- Não se revelará o procedimento científico “clássico”, quando aplicado aos “assuntos humanos”, excessivamente redutor?” (p. 7)

As questões colocadas aos investigadores levam-os a procurar respostas que naturalmente puseram em causa as rupturas epistemológicas para que apontavam filósofos da ciência como Bachelard, Kuhn ou Feyerabend.

Acaba por se compreender que, intencionalmente ou não, as posições anteriormente tomadas, no sentido de se ter de optar por um dos dois tipos de paradigmas de investigação educacional, levava a que nunca se empregassem em conjunto métodos de investigação quantitativa e qualitativa. Os métodos de investigação eram tratados como incompatíveis.

Apesar de as abordagens quantitativa e qualitativa não terem o mesmo campo de acção, tal facto não deve impedir que, ao se estudar determinada realidade educativa, se utilizem de forma complementar os procedimentos típicos das metodologias quantitativas e qualitativas. Na verdade, como referem Bogdan e Biklen (1994), todos os métodos investigativos têm a suas forças e as suas limitações. É assim que, actualmente, grande parte da comunidade científica educacional procure, em vez de rupturas e antagonismos, a complementaridade construtiva entre a tradição objectivo-quantitativa e a corrente subjectivo-qualitativa ou ético-social, na investigação educacional. Em consonância com tal posição, parece estar Boaventura de Sousa Santos (1996), ao escrever:

O conhecimento pós-moderno, sendo total não é determinístico, sendo local, não é descritivista. É um conhecimento sobre as condições de possibilidade. As condições de possibilidade da acção humana projectada no mundo a partir de um espaço-tempo local. Um conhecimento deste tipo é relativamente imetódico, constitui-se a partir de uma pluralidade metodológica. Cada método é uma linguagem e a realidade responde na língua em que é perguntada. (p. 48)

### **3.1.3. A Complementaridade Metodológica. Uma Posição Assumida**

Como ficou referido ao tratarmos o ponto anterior, nos tempos que correm, a tónica, no que diz respeito à investigação educacional, aponta no sentido da complementaridade metodológica, como forma de abordagem à realidade educativa. Acabou por se aceitar e advoga-se agora que nada na tradição objectivo-quantitativa impede que na análise dos processos educativos se utilizem também métodos subjectivos-qualitativos. Como diz Neto (1998), “buscam-se hoje siner-

gias onde antes se procuravam rupturas ou incomensurabilidades inexoráveis” (p. 266).

Até porque há que reconhecer que o termo subjectivo (ou em alternativa o termo objectivo) pode ter significados diferentes. Aparece ligado com frequência à ideia de “tudo o que é influenciado pelo juízo humano”. No fundo, e de acordo com esta ideia, todos os métodos e medidas, tanto qualitativos como quantitativos, são subjectivos (Scriven, citado por Cook e Reichardt, 1995).

Por outro lado, concordamos com Boaventura de Sousa Santos (1996), quando também ele reconhece que os tempos são de reconciliação e de privilegiar harmonias:

A distinção dicotómica entre ciências naturais e ciências sociais deixou de ter sentido e utilidade. Esta distinção assenta numa concepção mecanicista da matéria e da natureza a que contrapõe, com pressuposta evidência, os conceitos de ser humano, cultura e sociedade. (p. 37)

É assim que nos foi colocada a questão de qual seria o melhor caminho a seguir no âmbito do nosso estudo? Pareceu-nos, até por razões que têm a ver com uma postura pessoal perante o mundo que nos rodeia, em especial o da educação, que o privilegiar a harmonia e a complementaridade em detrimento da ruptura e de antagonismos seria sem dúvida a solução que melhor se adaptaria ao estudo que pensámos levar a cabo na área das ciências da educação.

Pensamos que, na maior parte das realidades educativas, mesmo as que se prendem com a sala de aula, os acontecimentos e transformações temporais e espaciais levam o seu tempo a ocorrer, o que torna possível, e mesmo desejável, a conjugação e aplicação de métodos de estudo qualitativos e também quantitativos. Mas não se trata apenas de uma posição nossa que terá obviamente muito de idiosincrático. As nossas posições acabam por se enraizar noutras que, actualmente, têm vindo a ser manifestadas por grande parte da comunidade científica educacional, como nos parece já ter demonstrado. Referimos já que os nossos tem-

pos são de busca de sentido para realidades que, não sendo novas, têm características típicas dos tempos e espaços em que vivemos. As nossas ideias acabam, assim, e inevitavelmente, por se fundar no que é hoje a ciência e a filosofia das ciências.

É mais uma vez Boaventura de Sousa Santos (1996) que nos diz: “as leis da ciência moderna são um tipo de causa formal que privilegia o **como funciona** das coisas em detrimento de **qual o agente** ou **qual o fim** das coisas” (p. 16).

O mesmo autor acrescenta, ainda:

Em primeiro lugar, a reflexão é levada a cabo predominantemente pelos próprios cientistas, por cientistas que adquiriram uma competência e um interesse filosóficos para problematizar a sua prática científica. Não é arriscado dizer que nunca houve tantos cientistas-filósofos como actualmente, e isso não se deve a uma evolução arbitrária do interesse intelectual. (p. 30)

A confirmar as ideias de Santos, parecem estar as seguintes asserções de António Damásio (1995):

No início da conversa, tornei claro o meu ponto de vista sobre os limites da ciência: é com cepticismo que encaro a presunção da ciência relativamente à sua objectividade e ao seu carácter definitivo. Tenho dificuldade em aceitar que os resultados científicos . . . sejam algo mais do que aproximações provisórias para serem saboreadas por uns tempos e abandonadas logo que surjam melhores explicações. (pp. 19-20)

No campo da filosofia das ciências teremos de fazer referências obrigatórias a Kuhn e a Feyerabend.

A tese da incomensurabilidade entre paradigmas concorrentes ou rivais é talvez o ponto do pensamento de Kuhn, onde podemos encontrar a ideia de descontinuidade, que tem levantado mais controvérsia. Kuhn tentou explicar o que entendia ser a dificuldade ou mesmo impossibilidade de encontro entre paradigmas diferentes. Mas é ele próprio que acaba por defender o facto de a sua ideia de incomensurabilidade não conduzir à impossibilidade de se estabelecerem comunicações científicas entre os partidários de paradigmas diferentes ou rivais.

Para Feyerabend também existiam incomensurabilidades entre teorias científicas rivais, concorrentes ou alternativas. Apesar disso, reconhece ser a incomensurabilidade um “acontecimento raro”, só se verificando quando as condições de compreensão dos termos descritivos de uma teoria não permitem o uso de termos descritivos de outra teoria. Acaba ainda por considerar que as teorias incomensuráveis têm pontos de convergência entre si.

Por isso mesmo, para Kuhn e Feyerabend, a incomensurabilidade não quer dizer incompreensão ou mesmo impossibilidade de comunicação entre paradigmas diferentes (Neto, 1998).

Depois de pensarmos estar concluído o enquadramento epistemológico da metodologia que decidimos seguir, e transpondo as considerações precedentes para o nosso estudo concreto, que se prende com a temática das **ideias de alunos e professores iniciantes relativas à nutrição e respiração das plantas, bem como à construção do conhecimento do futuro professor de biologia**, é agora oportuno procedermos à sua concretização. Em resumo, foi nossa intenção, na opção pela complementaridade metodológica, procurar conciliar ambas as perspectivas de investigação abordadas anteriormente, tendo para isso, em termos de operacionalização, distinguido dois níveis de abordagem à realidade educativa estudada:

- **Um nível de abordagem de teor eminentemente descritivo**, o qual, se constituiu como impulsionante e determinante, dada a sua importância insubstituível e imprescindível, no sentido de fundamentar e impulsionar outras investigações realizadas numa fase posterior. Utilizou-se aqui como técnica preferencial de recolha de dados o *inquérito por questionário*.
- **Um nível de abordagem de teor eminentemente interpretativo**, que se concretizou num estudo de caso e numa investigação-acção, onde se tentou, nomeadamente, conhecer muito bem uma realidade muito específica e contextualizada, com a finalidade última de compreender melhor o que lhe era singular e característico. Como suportes para a recolha de informação, utili-

zou-se o *inquérito por questionário, entrevistas semi-estruturadas e ainda observações de aulas.*

Tivemos como base a pergunta de partida e as questões dela derivadas, bem como os objectivos delineados na *Introdução* do nosso trabalho. Considerámos ainda o que é referido por Neto (1998), inspirado por sua vez em outros autores, segundo os quais a metodologia a adoptar numa investigação, deverá procurar resposta a duas questões básicas:

1. Como é possível obter dados interpretáveis e de ambiguidade reduzida ao mínimo sustentável?
2. Dado um objectivo ou conjunto de objectivos, um problema ou um conjunto de problemas, quais os tipos de estratégia, tácticas, procedimentos e ferramentas de pesquisa mais favoráveis à consecução ou à resolução dos mesmos? (p. 259)

Pensamos, por conseguinte, que a metodologia escolhida para levar a bom termo uma investigação educacional deverá estar adequada à natureza do problema e aos objectivos que se submetem a investigação, para que os resultados possam conduzir a conclusões com alguma validade e fidelidade.

Vamos então, de imediato, proceder à explanação das metodologias concretas seguidas no nosso estudo, começando pela de orientação mais quantitativa e concluindo com a de orientação mais qualitativa.

## 3.2. SUPORTES METODOLÓGICOS E INSTRUMENTAIS

### 3.2.1. Abordagem Descritiva

#### 3.2.1.1. *Os Sujeitos Investigados*

No âmbito da investigação que procurámos levar a cabo, tendo em consideração a pergunta de partida e os objectivos gerais já delineados, poderemos considerar que a população alvo era constituída por todos os alunos e professores iniciantes/estagiários dos cursos de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, de universidades públicas portuguesas. Como facilmente se compreende trata-se de uma população muito ampla.

Tínhamos três possibilidades de escolha dos sujeitos a estudar e sobre os quais fazer incidir a nossa recolha de dados e as consequentes análises: ou a totalidade dos indivíduos da população; ou uma amostra de indivíduos representativos da população; ou, ainda, indivíduos componentes, não estritamente representativos, mas, de algum modo, característicos da população (Quivy e Campenhout, 1992).

Se tivermos em consideração que a escolha do terreno de investigação é sempre função dos interesses pessoais e das condições e possibilidades do trabalho (Estrela e Estrela, 1976), a nossa decisão torna-se mais fácil. Pensámos pois ser mais aconselhável estudar apenas alguns indivíduos.

Tendo em conta a actividade profissional que temos desenvolvido enquanto professora dos terceiro ciclo do ensino básico e do ensino secundário, a desempenhar funções, há já alguns anos, no âmbito da orientação de estágios pedagógicos de professores iniciantes/estagiários do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora. Considerando ainda as nossas fun-

ções docentes enquanto colaboradora externa do Departamento de Biologia, onde temos leccionado disciplinas cujos programas curriculares incluem unidades didácticas relativas aos temas da anatomia e fisiologia das plantas, leccionadas entre outros aos alunos do referido curso de licenciatura, decidimos optar como grupos de sujeitos a investigar, precisamente por alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora.

Tratou-se de grupos seleccionados por conveniência (ou grupos “acidentais”) e não de grupos representativos da população pensada no âmbito da investigação.

A escolhas dos grupos pareceu-nos correcta, uma vez que o objectivo final do nosso estudo não era o de proceder a um levantamento exaustivo de concepções científicas e alternativas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, de todos os alunos dos cursos de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, nem fazer generalizações. Daí se ter optado por recorrer a grupos restritos o que, à priori, implicava um estudo menos extensivo, mas que permitia, ao mesmo tempo, uma análise mais aprofundada do objecto em estudo.

Decidimos pois identificar as *concepções científicas e alternativas* dos referidos sujeitos, dado o facto de:

- os *alunos do 1º ano* do referido curso de licenciatura terem terminado todo um percurso pré-universitário, durante o qual tiveram efectivos contactos com os temas da Nutrição e da Respiração das Plantas, encontrando-se a iniciar um novo ciclo de estudos;
- os *alunos do 4º ano* do mesmo curso de licenciatura estarem a terminar os seus estudos na instituição universitária, tendo já obtido, no final do ano lectivo em que se encontravam, aprovação nas principais disciplinas que abordam os temas relativos à Nutrição e Respiração das Plantas, bem como nas disciplinas das didácticas específicas do ensino da Biologia;

- os *professores estagiários* se encontrarem já nas escolas a realizar os seus estágios pedagógicos, tendo a maior parte deles a seu cargo a leccionação de disciplinas relacionadas com as ciências biológicas, onde, de uma forma ou de outra, os temas da Nutrição e da Respiração das Plantas são abordados com os seus alunos.

Os sujeitos investigados constituíram três grupos, num total de 76 indivíduos, cujas principais características aparecem configuradas no Quadro 5.

#### Quadro 5

*Número de Sujeitos, Idade e Sexo dos Investigados nos Três Grupos Alvo de Estudo*

| Grupos Investigados     | Número de Sujeitos | Idade      | Sexo      |          |
|-------------------------|--------------------|------------|-----------|----------|
|                         |                    |            | Masculino | Feminino |
| Alunos do 1º Ano        | 31                 | 20-21 anos | 10        | 21       |
| Alunos do 4º Ano        | 27                 | 23-24 anos | 8         | 19       |
| Professores Estagiários | 18                 | 24-25 anos | 5         | 13       |

De acordo com uma análise sumária, é claramente evidente que a maioria dos sujeitos era do sexo feminino (53 mais precisamente), o que parece estar em consonância com a existência de uma maioria de indivíduos do sexo feminino a frequentar o ensino superior português e, por outro lado, a reconhecida feminização da profissão docente (M.E., 1997).

No que diz respeito às idades dos sujeitos, parece-nos poder concluir, atendendo a que o início da frequência do primeiro ciclo do ensino básico ocorre por volta dos seis anos de idade, que terão tido um percurso escolar não isento de obstáculos. Será de referir que a idade média de entrada no ensino superior, para discentes sem qualquer reprovação ao nível dos ensinos básico e secundário, deverá

ser de 18 anos. Por outro lado, a idade média de conclusão do estágio pedagógico, sem qualquer reprovação ao longo do ensino universitário, será de 23 anos.

### **3.2.1.2. O Instrumento de Recolha de Dados: Questionário**

Os investigadores têm recorrido a diferentes técnicas de recolha e análise de dados para tentar identificar e compreender as *concepções científicas e alternativas* em alunos de diferentes níveis de ensino. As *concepções alternativas* não se manifestam, em regra, como condutas evidentes dos alunos; são muitas vezes inferidas, a partir das suas expressões verbais, orais ou escritas, dos seus esquemas mentais e das suas acções.

O conjunto de técnicas utilizadas na exploração das ideias e concepções dos alunos abarca uma ampla gama de técnicas, desde o uso de questionários, nos quais o questionado deve decidir com qual de uma série de enunciados está de acordo (questionário de escolha múltipla), até ao registo de expressões verbais num contexto específico, como, por exemplo, no contexto de sala de aula, passando por questionários pouco estruturados, baseados em perguntas abertas ou entrevistas de diversos tipos.

O comportamento mais frequente dos investigadores traduz-se numa atitude não avaliadora, procurando simplesmente detectar e caracterizar o que pensa o indivíduo, não pretendendo verificar, antecipadamente, a correcção científica do seu pensamento.

Em consonância com Gil (1991), pensamos que por questionário se entende um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelos sujeitos inquiridos. O questionário constitui um meio rápido e económico de obtenção de informações. Além disso, não exige grande treino da pessoa que o aplica e permite garantir o anonimato dos sujeitos investigados. Ainda para o mesmo autor: “a elaboração de

um questionário consiste basicamente em traduzir os objectivos específicos da pesquisa em itens bem redigidos. Naturalmente, não existem normas rígidas a respeito da elaboração do questionário” (p. 91).

O questionário deve, além disso, ser um instrumento elaborado criteriosamente, podendo mesmo ser em alguns casos pradonizado. O cuidado posto na realização de um questionário tem a ver com a redacção e sequência das questões, de modo a garantir a futura comparação das respostas dadas pelos questionados. Cada questão deve ser colocada a cada questionado da mesma forma, sem adaptações nem explicações suplementares por parte do investigador (Ghiglione e Matalon, 1993).

Embora não existam regras fixas para a elaboração de um questionário a utilizar no âmbito de uma investigação, alguns cuidados devem ser tidos em conta no que diz respeito à elaboração de questões, como, por exemplo, o facto de as questões deverem estar relacionadas com o(s) tema(s) da pesquisa; serem formuladas de uma forma clara, correcta e precisa; possibilitarem uma única interpretação; não fornecerem pistas para as respostas e terem em consideração o nível de formação e informação do questionado.

Cuidados especiais devem ainda ter-se em conta no que diz respeito à apresentação gráfica do questionário, de forma a que seja fácil o seu preenchimento, pelo que, logo de início, devem ser dadas instruções correctas a esse respeito ao questionado.

É um facto conhecido que a utilidade e o emprego de questionários não deixa de estar rodeado de certa polémica. Isto tanto em investigações na área das Ciências da Educação como em Psicologia ou Sociologia. A crítica mais habitual apontada aos questionários enquanto técnica de recolha e análise de dados é a que se prende com o colocar o questionado perante uma série de questões que podem ser

totalmente novas para ele e que, devido ao facto de sentir que deve dar uma resposta, o possa fazer de um modo qualquer.

Se o questionado não apreende bem o sentido das questões formuladas num questionário, a forma como uma questão está formulada pode, por si só, orientar e/ou motivar um determinado tipo de resposta, que pode distorcer ou mesmo inviabilizar uma correcta análise das respostas e as respectivas conclusões.

Concordando com as críticas que geralmente são dirigidas aos questionários, pensamos ser de considerar pelo menos três aspectos que, apesar disso, servem para avaliar as suas potencialidades como instrumento de recolha de dados. Estas parecem ser as características da pesquisa, o tipo de questionário e a sua possível utilização conjunta com outras técnicas de recolha de informação.

No que diz respeito ao primeiro destes aspectos, os questionários, como qualquer outra técnica de recolha de dados, devem ajustar-se às características e fins da investigação que se pretende realizar. Não obstante, as vantagens mais significativas do questionários são, por exemplo, a sua aplicabilidade no mesmo contexto a um determinado número de indivíduos e a possibilidade de recolher dados de amostras amplas.

Relativamente ao tipo de questionário, será de mencionar que as formas e os tipos de interrogar são inúmeros. Segundo Cubero (1995), em estudos realizados sobre os conhecimentos prévios dos alunos, foi utilizada uma gama diversa de questionários, desde os que apresentam uma estrutura bastante fechada até aos que se baseiam em perguntas abertas.

No que se refere ao terceiro aspecto, pode evidenciar-se a possível utilização do questionário conjuntamente com outras técnicas de recolha de informação, como a entrevista ou a observação directa. Cada uma pode prestar-se à recolha de diferentes tipos de dados, os quais, no entanto, acabam por se complementar. Voltaremos, mais adiante, a tratar este aspecto.

Em nosso entender, um docente, enquanto investigador, poderá tirar partido do uso de um instrumento que seja de fácil utilização, aplicável num curto intervalo de tempo e lhe permita dirigir-se, em certas ocasiões, a todos os questionados em simultâneo. Por outro lado, poderá beneficiar, em termos de recolha de informação com vista à realização de um determinado estudo, da possibilidade que a utilização de diferentes tipos de técnicas de interrogação e de questionários com diferentes tipos de questões pode facultar. Estas particularidades podem ajustar-se ao questionário, conciliando a possibilidade de aplicação a um grupo heterogéneo de indivíduos, com estilos cognitivos necessariamente distintos.

Ainda nos parece positivo para o docente enquanto investigador a possibilidade de conjugar diferentes técnicas de recolha e análise de informações, por exemplo quando pretende conhecer as concepções alternativas dos seus alunos sobre determinado tópico científico. Ao associar numa pesquisa o questionário, a entrevista e a observação directa, poder-se-á obter uma vasta gama de informações, visto o questionário permitir obter dados de um grupo mais ou menos vasto de alunos, enquanto que a entrevista e a observação tornam possível a obtenção de dados de um grupo reduzido de alunos, com o propósito de aprofundar aspectos que parecem particularmente relevantes.

Esta associação, embora vantajosa, nem sempre se torna possível, por exigir o domínio de diferentes técnicas de investigação, mais tempo para a recolha e tratamento da informação e, necessariamente, uma grande disponibilidade por parte do investigador.

Tendo em conta os sujeitos seleccionados para a nossa investigação e as particularidades salientadas anteriormente acerca do questionário, pareceu-nos ser esta técnica a mais adequada à pesquisa que nos propusemos levar a cabo, numa parte da investigação que encetámos.

Na concepção do instrumento utilizado para a realização da vertente de abordagem mais descritiva do nosso estudo, junto dos alunos dos 1º e 4º anos e dos professores estagiários do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, na tentativa de identificar as suas *concepções científicas e alternativas* sobre a *Nutrição e a Respiração das Plantas*, elaborámos, assim, um instrumento do tipo questionário (apresentado no Anexo I), inicialmente assumido como um pré-questionário, construído tendo em consideração alguns dos requisitos essenciais a esta técnica de recolha de dados, como sejam as instruções iniciais para o seu correcto preenchimento, o tipo de resposta previsto, o conteúdo e a sua estrutura.

O instrumento elaborado teve por base um questionário apresentado numa comunicação oral a que assistimos, no III Congresso Nacional de Biólogos, da autoria de Teresa Bettencourt e Isabel Amaral, construído para o desenvolvimento de um estudo realizado por estas autoras, no âmbito do Projecto Mutare - Ensino das Ciências e Mudança Conceptual: Estratégias Inovadoras de Formação de Professores - da Universidade de Aveiro. Teve ainda como suporte um outro questionário que já tinha sido elaborado por nós e por outra colega do nosso curso de Mestrado no âmbito de um trabalho realizado na disciplina de Resolução de Problemas em Biologia, subordinado ao tema: “Elementos para um Tratamento Didáctico de Concepções Alternativas Sobre a Nutrição das Plantas”.

O pré-questionário acabou por ser constituído por questões que resultaram de uma adaptação de itens dos instrumentos antes mencionados e outras que foram por nós concebidas com base na revisão de literatura efectuada sobre os temas alvo de investigação, a qual, aliás, permitiu dar corpo ao segundo capítulo teórico já apresentado.

Procurámos na construção deste instrumento elaborar um conjunto de questões com o objectivo de serem facilmente compreendidas pelos questionados, de modo a tornar possível que todos os investigados fizessem uma interpretação idêntica das mesmas.

Partimos, assim, do princípio que os alunos e os professores estagiários envolvidos na investigação possuíam concepções próprias acerca da *Nutrição e Respiração das Plantas*, e que essas concepções eram possíveis de identificar com base no questionário elaborado.

### **3.2.1.3. *Validação e Aplicação do Questionário***

No sentido de assegurar que o questionário construído era constituído por questões correctamente formuladas, adequadas e em consonância com os objectivos delineados para a investigação, de modo a evitar ao máximo enviesamentos indesejáveis, submetemo-lo à análise e avaliação de um *Painel de Juizes*, no sentido de garantir a sua consistência interna, validade de conteúdo e ainda a sua funcionalidade.

O *Painel de Juizes* foi constituído por dois Doutores dos Departamentos de Pedagogia e Educação e de Biologia da Universidade de Évora, ambos com inúmeras provas dadas no campo da investigação e participação em projectos de investigação, duas Mestres em Ensino das Ciências da Universidade de Évora e da Escola Superior de Educação de Lisboa, uma Mestre em Produção Vegetal, da Universidade de Évora, dois Professores do Quadro de Nomeação Definitiva de uma Escola Secundária, com muitos anos de carreira e experiência docente, a leccionarem há já alguns anos os programas lectivos das disciplinas de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia dos 11º e 12º anos de escolaridade, respectivamente, e uma Professora do Quadro de Nomeação Definitiva de uma Escola Secundária, Orientadora Pedagógica do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, com uma vasta experiência profissional no âmbito da orientação de estágios pedagógicos e cuja proficiência e mérito são unanimemente reconhecidos.

No intuito de ajudar a sistematizar a análise e a avaliação do pré-questionário por parte do *Painel de Juizes*, construímos um *Guião* (Anexo II), formado por duas partes. Na Parte I, solicitávamos uma breve identificação do membro do *Painel de Juizes*. Na Parte II, apresentávamos cinco questões, de forma a guiar a análise e avaliação do questionário, destacando, ainda, um espaço destinado ao registo de mais algum(ns) aspecto(s) que não tivesse(m) sido referido(s) anteriormente na apreciação realizada.

O *Painel de Juizes* deu efectivamente uma valiosa e imprescindível contribuição no sentido de afinar o instrumento e assegurar a validade de conteúdo dos itens seleccionados, que constituem o questionário na sua globalidade. Salientamos, ainda, a sua preciosa colaboração, no que respeita ao aperfeiçoamento das questões no seu aspecto formal e na operacionalização temporal do questionário.

Uma vez recebidas as críticas e sugestões construtivas do referido *Painel de Juizes*, reformulámos o instrumento de investigação inicial. Nesse sentido, foi alterada a primeira opção de resposta da questão 2.2. do ponto 2. da Parte I do questionário: “é a luz” para “são os compostos inorgânicos que sintetizam” e o tempo disponibilizado aos questionados para responderem ao questionário, o qual foi ampliado.

No sentido de testar e, eventualmente, proceder a alguns ajustes no instrumento elaborado e sobretudo reforçar a sua validade, realizámos um *estudo piloto*. A *amostra piloto* seleccionada foi constituída por uma turma de alunos do 12º ano de escolaridade que tinham no seu currículo a disciplina de Biologia. Os referidos alunos eram nossos conhecidos, visto termos sido sua professora, conjuntamente com os professores estagiários, de núcleos de estágio por nós orientados a nível de escola, nos 10º e 11º anos de escolaridade.

Tratava-se de um grupo de alunos com um muito bom nível de conhecimentos em Biologia e que, por outro lado, tinham desde sempre trabalhado connosco ques-

tões relacionadas com as *concepções alternativas* e conheciam muito bem a técnica de elaboração de mapas de conceitos, uma vez que, ao longo dos dois anos lectivos anteriores, os tinham frequentemente analisado e construído, sob a nossa supervisão, em diferentes unidades didácticas. Era mesmo uma prática corrente a que estavam habituados.

No *estudo piloto* tivemos a preocupação de analisar directamente o comportamento dos alunos. Estivemos particularmente atentos às suas dificuldades na compreensão das questões, em verificar se as questões se apresentavam de uma forma clara e objectiva, em verificar se a linguagem utilizada não suscitava dúvidas e se havia alguma questão a que deliberadamente procurassem não responder. Quisemos ainda saber se o tempo fornecido para responderem ao questionário era suficiente.

Depois de compilados os registos resultantes do *estudo piloto*, realizámos uma reflexão acerca das respostas dadas ao questionário. Após uma avaliação dos resultados obtidos, decidimos manter as questões 1.12 - “Outro(s) Par(es) de Termos (*escreva qual(ais) e relacione-os*)” - nas duas partes do questionário, bem como todas as outras questões onde se pretendia que no final e de forma livre o questionado pudesse ainda exprimir a(s) sua(s) ideia(s), apesar de os questionados do *estudo piloto* se terem mostrado renitentes em escrever algo mais, mesmo depois da nossa insistência e incentivo para o fazerem. A nossa decisão prendeu-se com o facto de pensarmos que estas questões eram muito úteis e que poderiam vir a ser necessárias ao aplicar os questionários aos sujeitos participantes no estudo propriamente dito.

Uma vez introduzidos todos os ajustamentos, chegou-se à versão final do questionário que se apresenta no Anexo III. O questionário definitivo ficou assim constituído por uma folha de rosto, na qual:

- se apresentava o questionário, procurando informar o questionado acerca das partes que o constituem e, por outro lado, do fim a que se destinava a sua aplicação;
- eram dadas garantias ao questionado das suas respostas serem anónimas e confidenciais, sendo utilizadas somente para estudo académico;
- era indicado o tempo limite de que o questionado dispunha para responder ao questionário.

O instrumento de recolha de dados propriamente dito ficou assim composto por duas partes, *Parte I* e *Parte II*, relacionadas, respectivamente, com o *Modo Como as Plantas se Nutrem* e com o *Modo Como se Realiza a Respiração nas Plantas*.

Tanto a Parte I como a Parte II são, por sua vez, constituídas por três pontos:

- No *ponto um*, são fornecidos, desde o item 1.1. ao item 1.11., pares de termos relativos à Nutrição das Plantas (Parte I) e à Respiração das Plantas (Parte II), com o objectivo de serem relacionados, por meio de uma frase sintética, de forma a explicar o modo como as plantas se nutrem e respiram respectivamente. Em ambas as partes do questionário, o item 1.12. dava a possibilidade ao questionado de relacionar outro(s) par(es) de termos à sua escolha, à semelhança do que havia feito nos itens anteriores.
- No *ponto dois* das duas partes do questionário são fornecidas, desde o item 2.1. ao item 2.3., afirmações incompletas e opções de resposta com o objectivo de os questionados escolherem a opção que melhor completasse, de acordo com as suas ideias, as afirmações incompletas de cada item, nunca perdendo de vista o modo como se nutrem e respiram as plantas (Parte I e II do questionário, respectivamente). Era-lhes dada possibilidade, em cada item, de completar a afirmação incompleta fornecida, do modo que considerassem mais adequado, através de palavras escolhidas por si. No item 2.4. deste ponto do questionário, em ambas as partes (Parte I e Parte II), é também fornecida uma

afirmação incompleta, mas pedia-se ao questionados que escolhessem uma ou mais opções de resposta no sentido de a completar.

Era-lhe ainda dada a possibilidade, como aliás nos itens anteriores, de escolher outras palavras que melhor se ajustassem às suas ideias.

- No *ponto três* das Partes I e II do questionário, era solicitado aos questionados que elaborassem um *mapa de conceitos* relativo à Nutrição e à Respiração das Plantas, respectivamente. Era-lhes fornecido um exemplo de um mapa de conceitos (Parte I) e em ambas as partes um quadro com uma série de termos, dando-se a possibilidade aos questionados de lhes juntar outro ou outros que não tivessem sido fornecidos. O objectivo era que os questionados elaborassem uma representação visual da hierarquia e das relações que estabeleciam entre diferentes termos e conceitos, de acordo com as suas ideias, de modo a que reflectissem o seu entendimento conceptual relativamente aos temas da Nutrição e da Respiração das Plantas.

Apesar de, como já anteriormente referimos, termos decidido manter as questões, em ambas as partes do questionário, onde era solicitado aos questionados que livremente pudessem exprimir as suas ideias, como eram as questões *Outro(s) Par(es) de Termos (escreva qual(ais) e relacione-os)*, *Outra(s) Opção(ões) (escreva qual(ais))* e *Outro(s) Termo(s) (escreva qual(ais))*, a maior parte dos questionados não utilizou estas opções. Por isso, na análise dos dados recolhidos, a abordar mais adiante, no quarto capítulo, apenas nos referiremos a essas opções quando entendermos pertinente fazê-lo.

Após a validação do questionário, decidimos ser nós próprios a aplicar directamente o instrumento, para nos podermos assegurar inteiramente da sua correcta aplicação. Para isso, começámos por solicitar aos nossos alunos do 1º ano do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, na disciplina de Biologia I, que, no final de uma das aulas, respondessem ao questionário.

Depois de termos dirigido um pedido nesse sentido à Docente da disciplina de Didáctica da Biologia, deslocámo-nos a duas das suas aulas práticas, no sentido de aplicar o questionário aos alunos do 4º ano do referido curso de Licenciatura.

Por fim, e depois de termos contactado pessoalmente as Comissões Executivas e os Orientadores Pedagógicos das diferentes escolas secundárias, sob a alçada da Direcção Regional do Alentejo (mais precisamente seis escolas), onde funcionavam no ano lectivo de 1997/1998 estágios pedagógicos do já referido curso de Licenciatura, pedimos autorização para aplicar o questionário e deslocámo-nos a todas elas para o aplicarmos aos professores estagiários.

Todos estes procedimentos acabaram por nos levar algum tempo, mas revelaram-se bastante úteis, dado terem-nos possibilitado um contacto mais estreito com os sujeitos investigados, necessariamente frutífero em termos de uma leitura mais profunda e adequada dos resultados obtidos.

#### **3.2.1.4. *Organização e Análise dos Dados***

Após a recolha de informação, há que proceder à sua organização e análise. A primeira etapa implica a preparação e a descrição dos dados obtidos. Como principal preocupação nesta fase, foram, assim, considerados dois objectivos fundamentais (Quivy e Campenhoudt, 1992):

- Analisar, empiricamente, se a informação recolhida estava ou não de acordo com as questões de partida; isto é, verificar se os resultados obtidos correspondiam de algum modo aos resultados previstos.
- Analisar se existiam outras evidências, para além das esperadas, que pudessem ter sido reveladas pelo estudo, assim como outras relações que levassem à reformulação das questões de partida, por forma a que na fase de conclusões se pudessem propor pistas de reflexão e investigações futuras.

Ao organizar os dados, tivemos em linha de conta a sua descrição e agregação. A descrição dos dados associados a uma ou mais variáveis poderá traduzir-se pela apresentação sintética da sua distribuição por meio de quadros ou gráficos, particularmente tratando-se de dados quantitativos.

É ainda importante relevar as características da distribuição das variáveis, agrupar os dados em categorias ou mesmo sub-categorias e expressá-los por um novo dado pertinente, recorrendo à análise estatística, evidenciada, por exemplo, pela frequência, média, probabilidade e desvio padrão.

Deste modo, procedemos, numa *primeira fase*, à numeração dos diferentes questionários, dentro de cada grupo de questionados, e à análise das respostas dadas a cada questão pelos 31 questionados do 1º ano, 27 do 4º ano e 18 professores estagiários.

Depois, numa *segunda fase*, tentámos identificar *concepções científicas e alternativas* relativas aos temas da Nutrição das Plantas (Parte I) e da Respiração das Plantas (Parte II) nas frases escritas pelos questionados (nos pontos um das Partes I e II do questionário), bem como nas escolhas das opções que melhor, de acordo com as suas ideias, completavam as frases incompletas fornecidas (pontos dois das Partes I e II do questionário).

Numa *terceira fase*, construímos um quadro por cada par de termos a relacionar e por cada frase incompleta a completar, com três colunas (correspondentes aos alunos do 1º ano, aos alunos do 4º ano e aos professores estagiários) e tantas linhas quantas as *concepções científicas e alternativas* identificadas, às quais fizemos corresponder o número de questionados e a respectiva percentagem relativa, nos quais se tinham identificado um ou outro tipo de concepções.

Os dados assim organizados foram alvo de tratamento através do programa *Excel 6.0 for Windows*, uma vez que possui boa qualidade aos níveis do grafismo, leitu-

ra e saída dos resultados. Os diferentes gráficos obtidos serão apresentados no próximo capítulo.

Numa fase posterior, voltámos a construir quadros, por cada um dos itens do questionário, mas agora relativos ao número e percentagens totais de questionados que manifestavam *concepções científicas e alternativas*. Aos valores desses quadros aplicámos o *Teste do Qui-quadrado* ( $\chi^2$ ). O teste do Qui-quadrado para várias amostras, permite analisar se as diferenças observadas nas distribuições das várias amostras necessariamente com as mesmas categorias, são devidas ao acaso ou se pelo contrário são consequência de uma causa sistemática (D'Hainaut, 1992).

Para este tratamento estatístico, pensámos que os quadros construídos com o número e percentagem totais de questionados que manifestavam *concepções científicas e alternativas* se poderiam constituir como tabelas de contingência. Nestas foram consideradas três amostras (a amostra dos alunos do 1º ano, a dos alunos do 4º ano e a dos professores estagiários) e duas categorias (a categoria das *concepções científicas* e a das *concepções alternativas*).

Em consonância com D'Hainaut (1992), tivemos em consideração, nomeadamente, as seguintes características deste teste:

- o qui-quadrado para várias amostras só pode aplicar-se quando as categorias são as mesmas, nas diferentes amostras;
- o teste só pode aplicar-se, quando os dados são independentes numa coluna ou de uma linha, para a outra; um indivíduo em particular deve pertencer sempre a uma só coluna e uma só linha;
- o qui-quadrado não pode pois aplicar-se a amostras emparelhadas, a não ser que não se possa ter em conta o emparelhamento, ao calcular os efectivos teóricos e ao formular a hipótese nula. (p. 269)

No nosso caso concreto, procedemos, desse modo, à comparação de três amostras independentes, divididas em duas categorias e colocámos a seguinte questão, à qual procurámos dar resposta: *os dados estão distribuídos do mesmo modo (com*

*flutuações insignificantes devidas ao acaso), entre as duas categorias consideradas, nas três amostras, ou pelo contrário existem diferenças significativas?*

Foi, assim, nosso propósito verificar se basicamente existiam ou não diferenças que pudessem ser consideradas significativas entre as *concepções científicas e alternativas* identificadas nos três grupos de indivíduos questionados, pelo que, utilizámos o teste do Qui-quadrado na comparação global envolvendo os três grupos de questionados e também para compararmos pares de grupos de questionados; mais concretamente, tentámos estabelecer comparações entre alunos do 1º ano e alunos do 4º ano, alunos do 1º ano e professores estagiários e alunos do 4º ano e professores estagiários (os valores encontrados são apresentados no Anexo IV - Quadros 1 e 2).

Esta parte da análise de dados foi efectuada tendo como base o programa informático de tratamento de dados *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, por ser considerado, segundo Bryman e Cramer (1993), “provavelmente, o mais amplamente utilizado conjunto de programas para análise estatística nas ciências sociais” (p. xxii). Foi utilizada na nossa análise a versão *8.0 for Windows*.

Os procedimentos anteriormente descritos constituíram uma *quarta fase* da organização e análise dos dados. Os resultados a que chegámos serão alvo de análise no próximo capítulo, quando tratarmos da apresentação, análise e discussão dos resultados da investigação que empreendemos.

Numa *quinta fase*, debruçámo-nos sobre os *mapas de conceitos* elaborados nos pontos três das Partes I e II dos questionários pelos sujeitos investigados. Depois de terem sido analisados com um cuidado redobrado, visto alguns deles serem de difícil interpretação, decidimos elaborar um instrumento apropriado - *Instrumento para Análise dos Mapas de Conceitos Elaborados pelos Questionados no Estudo Realizado* - inteiramente construído por nós, tendo como base a literatura revista sobre o assunto.

Na concepção do instrumento para análise dos mapas de conceitos, tivemos em consideração, nomeadamente, a teoria cognitiva da aprendizagem de Ausubel (1978), segundo a qual os critérios básicos para a elaboração dos mapas de conceitos devem corresponder às ideias da organização hierárquica, diferenciação progressiva e reconciliação integradora dos conceitos.

Por outro lado, tivemos em conta que uma correcta análise dos mapas de conceitos deve ter como referência os critérios salientados por Novak e Gowin (1984), ou seja, as relações ou proposições válidas entre os diferentes conceitos, a hierarquização válida dos conceitos, o seu cruzamento.

O instrumento assim construído (Anexo V) ficou constituído por três categorias classificativas - *Elevado*, *Médio* e *Reduzido* -, às quais fizemos corresponder quatro características consideradas por nós fundamentais para classificar e discriminar os diferentes mapas de conceitos analisados.

Foi assim atribuído *Elevado* aos mapas de conceitos que evidenciavam maioritariamente um *nível elevado* de compreensão dos conceitos associados aos termos fornecidos e das suas relações lógicas; *Médio* aos que evidenciavam um *nível médio* de compreensão dos conceitos associados aos termos fornecidos e das suas relações lógicas; e *Reduzido* aos mapas de conceitos que evidenciavam um *nível reduzido* de compreensão dos conceitos associados aos termos fornecidos e das suas relações lógicas. Contabilizamos ainda os mapas de conceitos inexistentes (M.C.I.).

Com o objectivo de poder quantificar a análise realizada aos mapas de conceitos, foram atribuídos os valores numéricos de cinco, três e um às categorias Elevado, Médio e Reduzido, respectivamente.

Ao aplicar o instrumento elaborado à análise dos mapas de conceitos produzidos pelos questionados, tivemos sempre em consideração as seguintes características:

- utilização de um conjunto de conceitos chave;
- utilização de palavras de ligação entre os conceitos;
- estabelecimento de hierarquias entre os conceitos;
- estabelecimento de cruzamentos entre os conceitos.

Os dados obtidos acabaram por ser organizados em quadros-síntese (Anexo V - Quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e em gráficos, mais uma vez elaborados com base no recurso ao programa *Excel 6.0 for Windows*, os quais serão apresentados mais adiante.

No sentido de conhecer melhor as possíveis semelhanças e diferenças, especialmente no que diz respeito aos resultados obtidos na elaboração dos mapas de conceitos, ao nível das diferentes características consideradas, decidimos utilizar um outro modelo estatístico - a *Análise de Variância (ANOVA)*<sup>6</sup>.

Pretendemos averiguar variâncias diferentes: a *variância total*, que é a variância devida às diferenças entre as médias das classificações globais dos mapas de conceitos nos três grupos de sujeitos investigados relativamente à grande média e a *variância intergrupos*, que resulta da soma das variâncias dentro de cada grupo.

A escolha do modelo ANOVA prendeu-se ainda com o facto de o mesmo ter grandes potencialidades na detecção de efeitos de interacção entre variáveis independentes e, por outro lado, em vez de múltiplos estudos dos três grupos analisados, através do teste *t*, ser preferível o primeiro método por ser mais eficiente (Neto, 1995). Os resultados obtidos com base na aplicação do modelo ANOVA foram compilados nos Quadros 1 e 2 do Anexo VI.

Sempre que os valores da Análise da Variância se revelaram significativos, utilizámos ainda o *teste de Bonferroni*, para averiguar em que sentido e em que grupo

---

<sup>6</sup> Utilizámos neste contexto a sigla inglesa por um questão de comodidade e de hábito.

de sujeitos investigados se manifestavam efectivamente as evidências mais significativas.

Como ficou evidente, ao longo do tratamento do presente ponto, as análises de pendor mais quantitativo não estiveram isentas de certas interpretações de teor também qualitativo, como o foram, por exemplo, a análise das frases escritas pelos questionados ao relacionarem termos por forma a explicarem os modos como se nutrem e respiram as plantas e a análise dos mapas de conceitos. Houve de facto uma combinação entre procedimentos qualitativos e quantitativos. Tivemos a preocupação de proceder à organização e análise dos dados, comparando as frequências de respostas por categoria, sempre que isso se revelou pertinente; posteriormente, foi feita a análise quantitativa e aplicado o adequado tratamento estatístico.

### **3.2.2. Abordagem Interventiva**

#### **3.2.2.1. *O Grupo Interveniente***

Depois de termos realizado um estudo transversal, de tipo essencialmente descritivo, com os sujeitos que decidimos investigar, no sentido de, fundamentalmente, ficarmos a conhecer as suas *concepções científicas e alternativas* relativas aos temas centrais da nossa pesquisa (Nutrição e Respiração das Plantas), a nossa atenção, numa fase posterior, foi-se centrando mais nos professores estagiários (professores iniciantes).

Na verdade, em virtude de há já alguns anos, para além da actividade enquanto professora do terceiro ciclo e do ensino secundário, termos vindo a desempenhar funções de orientação de estágios pedagógicos do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora, como aliás já tínhamos re-

ferido atrás neste trabalho, sentimos uma natural vontade de estudar de um modo mais aprofundado as *concepções científicas e alternativas* relativas à Nutrição e Respiração das Plantas dos próprios professores estagiários.

Outra das razões substanciais que esteve na origem da escolha dos sujeitos a investigar, nesta etapa do trabalho, prendeu-se com o facto de nos termos vindo a dar conta que a base de conhecimentos científicos relativos aos temas que pretendíamos pesquisar, quer por parte de alunos de diferentes níveis de ensino, quer por parte de professores estagiários, nem sempre poder ser considerada a melhor.

Decidimos, então, circunscrever o âmbito da nossa investigação de abordagem mais interventiva aos professores estagiários da escola secundária de Montemor-o-Novo, que realizaram o seu estágio pedagógico no ano lectivo de 1997/1998, por razões de conveniência, visto ser essa a escola secundária onde exercemos funções. Este facto, aliás, contribuiu para que, naturalmente, houvesse condições para levar a cabo este estudo no âmbito da formação de professores.

O Núcleo de Estágio constituiu-se assim, dentro da organização escolar, num *foco* alvo do nosso interesse investigativo. Tivemos em consideração que iríamos estudar um grupo com características próprias e integrado numa realidade vasta, como o é uma escola. Em consonância com Bogdan e Biklen (1994), pensamos que:

A escolha de um determinado foco, seja ele um local na escola, um grupo em particular, ou qualquer outro aspecto, é sempre um acto artificial, uma vez que implica a fragmentação do todo onde ele está integrado. O investigador qualitativo tenta ter em consideração a relação desta parte com o todo, mas, pela necessidade de controlar a investigação, delimita a matéria de estudo. (p. 91)

No fundo, o principal objectivo que nos moveu ao escolher os nossos próprios professores estagiários para desenvolver uma intervenção, de acordo com a natureza dos problemas em investigação e com os objectivos definidos, foi o desejo de aprofundar o conhecimento acerca das suas *concepções científicas e alternativas*, procurando, com isso, levá-los a ter mais consciência das suas próprias con-

cepções e que isso pudesse, de algum modo, contribuir para a sua capacidade reflexiva e para o seu melhor conhecimento pedagógico dos conteúdos científicos a leccionar, no caso concreto dos temas da Nutrição e da Respiração das Plantas.

Tratava-se, assim, de um “grupo intacto” (Cohen e Manion, 1990), ou seja, de um grupo accidental, não aleatório, constituído por três professores estagiários, cujas principais características aparecem configuradas no Quadro 6.

#### Quadro 6

*Idade, Sexo e Experiência Docente dos Professores Estagiários do Grupo Interveniente*

| <b>Professores Estagiários do Grupo Interveniente</b> | <b>Idade</b> | <b>Sexo</b> | <b>Experiência Docente</b>       |
|---|--------------|-------------|----------------------------------|
| Professor Estagiário E <sub>1</sub>                   | 34 Anos      | Masculino   | Com experiência docente (5 anos) |
| Professor Estagiário E <sub>2</sub>                   | 32 Anos      | Masculino   | Sem experiência docente          |
| Professor Estagiário E <sub>3</sub>                   | 25 Anos      | Masculino   | Sem experiência docente          |

O conjunto de dados fornecidos pelo Quadro 6, apesar de simples, tem bastante significado. É, nomeadamente, de relevar a elevada média de idades do grupo (30 anos), o que parece evidenciar que os seus elementos deverão ter experimentado algumas dificuldades ao longo dos seus percursos académicos, até terem chegado ao estágio pedagógico, dado, como já foi por nós referido ao caracterizarmos os sujeitos alvo da investigação de teor mais descritivo, ser de cerca de 23 anos a média de idades para a conclusão do estágio pedagógico, quando os alunos têm um percurso escolar isento de obstáculos.

Relativamente ao facto de os professores estagiários serem todos do sexo masculino, não deixa de ser uma situação curiosa, dado estar em clara discordância com a reconhecida feminização do ensino universitário português e da própria profissão docente (M.E., 1997). Na verdade, foi a segunda vez que nos aconteceu, em

seis anos de orientação de estágios, termos um grupo exclusivamente masculino. O mais frequente têm sido núcleos em que todos os elementos são do sexo feminino.

No que diz respeito à experiência docente, só um dos professores estagiários tinha experiência, nomeadamente ao nível da leccionação dos ensinamentos básico e secundário. Deste modo, só um dos três professores estagiários pôde contar com a experiência de ensino quando participou no nosso trabalho de investigação.

### **3.2.2.2. Fases Fundamentais da Intervenção**

Ao termos pensado no modo como iríamos desenvolver a investigação junto do Núcleo de Estágio, estávamos conscientes, desde o início, que a complexidade de um estudo, virado essencialmente para uma intervenção na realidade educativa, torna difícil prever com precisão todos os acontecimentos. Por isso, a principal característica de um delineamento qualitativo deverá ser a sua flexibilidade, a sua capacidade de se adaptar a cada momento e circunstâncias, em função das próprias alterações que se produzem na realidade que se está a pesquisar. De acordo com Erlandson e outros (citados por Gómez, Flores e Jiménez, 1996), em investigação qualitativa é necessário “planificar siendo flexible” (p. 91).

Procurámos, desse modo, seguir tal recomendação, cientes, aliás, das características de um estudo qualitativo que Janesick (citado por Gómez, Flores e Jiménez, 1996) caracteriza como tendo determinadas particularidades, das quais destacamos as seguintes, por se revestirem de especial interesse no âmbito do trabalho realizado:

- Es holístico. Se mira com una visión amplia, y se comienza una búsqueda por comprender lo complejo.
- Hace referencia a lo personal, cara a cara, e inmediato.
- Exige tanto tiempo para el análisis como para la estancia en el campo.

- Requiere que el investigador se constiuya en al instrumento de investigación. El investigador debe tener la habilidad suficiente para observar y agudizar su capacidad de observación y entrevista cara a cara.
- Requiere el análisis conjunto de los datos. (p. 91)

Neste enquadramento, decidimos iniciar a pesquisa, nesta etapa do trabalho, começando por examinar, de forma cuidada e intensa, as *concepções científicas e alternativas* dos nossos professores estagiários, depois de, como já assinalámos, o ter antes feito para o caso dos alunos dos 1º e 4º anos e dos outros 18 professores estagiários.

O “*estudo de casos*” ganhou, numa *primeira fase da intervenção*, particular relevo, procurando atenuar certas tendências generalistas para considerar o comportamento humano como algo uniforme. Pretendemos, ao contrário, dar especial realce e atenção ao *individual e característico*, em inteira consonância com Carr (1993), quando refere que, “em lugar de receitas ou procedimentos claros, devemos buscar juízos e argumentos muito específicos e contextualizados para estabelecer o que é único e o que é típico nos nossos estudos” (p. 137).

Existem na literatura muitas e distintas definições para o que se entende ser o estudo de casos. Para muitos autores, o estudo de casos é encarado como uma forma particular de recolher, organizar e analisar dados que consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico (Bogdan e Biklen, 1994). Já para Yin (citado por Carrasco e Hernández, 2000), o estudo de casos “consiste en una descripción y análisis detallados de unidades sociales o entidades educativas unicas” (p. 110).

Podendo existir diferentes caracterizações, todas elas coincidem em considerar que o estudo de casos implica um processo de indagação, caracterizado por uma análise detalhada, compreensiva, sistemática e em profundidade, no sentido de conhecer bem uma determinada realidade.

O estudo de casos parece, assim, ser um tipo de investigação adequado para estudar um caso ou situação com uma certa intensidade por um período relativamente curto de tempo. Caracteriza-se igualmente por se poderem recolher um conjunto de informações numerosas e pormenorizadas, com o objectivo de abranger a totalidade do foco investigativo.

O estudo de casos permite, ainda, a possibilidade de se realizarem estudos de um modo transversal (num momento determinado) ou longitudinais (através de um certo período de tempo).

Transpondo as considerações precedentes para a nossa situação concreta, a pesquisa que efectuámos desenvolveu-se em situações específicas de formação de professores, envolvendo directamente os três professores estagiários do nosso Núcleo de Estágio.

Numa *primeira fase*, resolvemos aplicar, em dois momentos distintos, o questionário que já tinha por nós sido aplicado aos sujeitos investigados, aquando da abordagem descritiva antes caracterizada.

Deste modo, aplicámos pela primeira vez o questionário (apresentado no Anexo III), antes de os professores estagiários terem tido contacto directo com os conteúdos da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”. Esse momento concretizou-se antes da pausa pedagógica referente ao período do Natal. O principal objectivo foi o de identificar, nessa altura, *concepções científicas e alternativas* relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, num momento em que ainda não tinham sido tratados assuntos relativos aos grandes temas alvo da nossa investigação por parte dos professores estagiários.

Ficou assente que durante a pausa pedagógica os professores estagiários iriam documentar-se e mesmo estudar individualmente os conteúdos científicos relacionados com a unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”, a qual iria ser planificada no início do segundo período lectivo, a fim de poder ser leccionada

aos alunos do 11º ano de escolaridade, da turma de regência (turma atribuída ao orientador de estágio).

Depois da pausa pedagógica, voltámos a aplicar aos professores estagiários o mesmo questionário. O principal objectivo era agora o de tentar identificar possíveis transformações conceptuais que, de algum modo, se pudessem manifestar depois de um trabalho individual de contacto directo e focalizado com os conteúdos programáticos a leccionar pelos professores estagiários.

Em face da análise efectuada aos questionários aplicados e aos resultados obtidos, que serão apresentados no próximo capítulo deste trabalho, decidimos entrevistar individualmente os professores estagiários, no sentido de poderem ser analisadas com maior grau de profundidade as respostas que tinham sido dadas por eles próprios aos questionários. Nesta *primeira entrevista*, tivemos a preocupação de promover uma reflexão por parte de cada professor estagiário acerca do que tinham pensado e escrito nos questionários. Foram confrontados com as ideias que tinham antes e depois do contacto com os conteúdos programáticos a leccionar relativos à Nutrição e Respiração das Plantas. As entrevistas foram conduzidas sempre com o objectivo de compreender, explorar as *concepções científicas e alternativas* dos professores estagiários e, eventualmente, fazer emergir outras ideias relacionadas com os temas alvo de pesquisa.

Nesta fase da investigação, começou a tornar-se para nós evidente que a metodologia seguida tinha a participação muito próxima e vivenciada da professora-investigadora/orientadora de estágio-investigadora relativamente à realidade pesquisada. Estávamos de facto numa fase da pesquisa onde a *intervenção/acção* assumia um papel importante pela nossa parte, ao procurarmos atender os professores estagiários, reformulando, reconstruindo e dedicando atenção constante ao processo formativo e ao processo investigativo, de modo a controlá-los.

A nossa investigação era conduzida num *continuum*, onde parecia haver agora lugar para uma abordagem ao real mais de acordo, como antes referimos, com uma metodologia de *investigação em acção*. Nesse sentido, torna-se pertinente fazer um parêntesis na caracterização que estamos a apresentar sobre as fases fundamentais seguidas aquando da abordagem interventiva, para tecer algumas considerações sobre os conceitos de “*investigação-acção*” e de “*professor-investigador*”.

Tal como acontece com o estudo de casos, também a respeito de *investigação-acção* encontramos na literatura muitas e distintas definições. O conceito de “*investigação-acção*” remonta aos trabalhos de Kurt Lewin, no período imediato à Segunda Guerra Mundial. Lewin utilizou o conceito para descrever o processo segundo o qual o investigador e os práticos estão juntos de forma colaborativa a resolver problemas. É no entanto Kemmis (citado por Gómez, Flores e Jiménez, 1996) quem nos dá uma ideia em consonância com o que pensamos ser de facto a *investigação-acção*:

La investigación-acción es una forma de búsqueda autorreflexiva, llevada a cabo por participantes en situaciones sociales (incluyendo las educativas), para perfeccionar la lógica y la equidad de a) las propias prácticas sociales o educativas en las que se efectúan estas prácticas, b) comprensión de estas prácticas, y c) las situaciones en las que se efectúan estas prácticas. (pp. 52-53)

Na grande diversidade de concepções que existem a respeito do conceito de *investigação-acção*, é possível identificar alguns traços comuns, como sejam os que se prendem com o atribuir à *acção* um papel preponderante, o considerar que se pretende resolver um problema real e concreto e ainda o definir como um dos principais objectivos a melhoria das práticas reais num determinado lugar.

Nesta perspectiva, a *investigação-acção* deve, no campo da educação, assumir-se como tendo por foco investigativo as práticas educativas, em que os professores, sozinhos ou em grupo, se organizam no sentido de contribuir para resolver problemas, mudar e melhorar as práticas educativas, procurando, ao mesmo tempo,

crescer profissionalmente, através de uma reflexão sistemática sobre a sua própria acção (Atkinson, 1994).

Apesar dos consensos antes identificados, parece, todavia, não existir grande unanimidade relativamente ao que se considera ser o “ensino reflexivo” e a “investigação”. Para Atkinson (1994), o “ensino reflexivo” pode ser posto em prática com um grupo de alunos e mesmo individualmente, sem ter uma linha condutora muito precisa. Já a “investigação” deve, pelo contrário, ter uma linha de orientação bem definida, em que o professor-investigador deve clarificar os sistemas a partir dos quais relaciona as situações apropriadas, ajustáveis às diferentes situações encontradas.

Há que ter em consideração uma outra perspectiva de investigação-acção defendida por Kemmis e Mc Taggart (1992). Segundo estes autores, a investigação-acção pode ser entendida como uma forma de “indagação introspectiva colectiva”, levada a cabo pelos intervenientes em certas situações sociais e educativas, tendo como principal objectivo incrementar a racionalidade e a justiça das práticas sociais e educativas, bem como a compreensão dessas práticas e das situações em que ocorrem. A investigação-acção é, nessa perspectiva, entendida como um processo conciliador entre a *teoria* e a *prática*, num todo único que aqueles autores designam por “ideias em acção”. Da mesma forma com o que acontece no processo de ensino-aprendizagem, em investigação-acção a teoria e a prática não devem ser vistas como dissociadas, mas como íntima e dialecticamente relacionadas.

Lewin (citado por Gómez, Flores e Jiménez, 1996) identificou quatro fases fundamentais no desenvolvimento da investigação-acção:

- Planificar.
- Actuar (executar).
- Observar.

- Reflectir (avaliar).

Na perspectiva daquele autor, a pesquisa deve desenvolver-se segundo um conjunto de ciclos em espiral, cada um dos quais constituído pelas quatro fases indicadas. O processo da investigação-acção assim concebido pressupõe que o investigador e os práticos estejam envolvidos conjuntamente de forma colaborativa a resolver problemas, no sentido de melhorar as práticas educativas.

Apesar da existência de controvérsia relativamente ao número e sequência de fases na investigação-acção, o modelo a esse respeito mais defendido parece ser o que resultou da proposta de Lewin, sendo essa a metodologia de trabalho que tem vindo a ser mais adoptada (Atkinson, 1994; Carr, 1993; Cohen e Manion, 1990; Kemmis e Mc Taggart, 1992).

Apoiados, exactamente, no modelo de Lewin, Kemmis e Mc Taggart (1992) caracterizam as acções envolvidas em cada uma das fases da metodologia de investigação-acção do seguinte modo:

- **Planificar.** É uma actividade organizada que antecede a execução, e que, para se desenrolar em contexto social, não pode ser inteiramente previsível. A planificação deve, por isso, ser flexível, de modo a adaptar-se a imprevistos e limitações.
- **Actuar.** A actuação é deliberada e controlada. Deve organizar-se criticamente, ser cuidadosa e reflexiva, com base na prática levada a cabo. A acção deve ser dinâmica, exigindo tomadas de decisão momentâneas sobre o que deve fazer-se, assim como o exercício de um raciocínio prático.
- **Observar.** É uma actividade que tem como função documentar os efeitos da acção orientada de forma crítica, proporcionando a base imediata para a reflexão, de forma prospectiva e mesmo introspectiva. A observação deve ser planificada, de modo a que possa vir a construir uma base documental para

reflexões posteriores. Deve observar-se o processo da acção, os efeitos da acção, as circunstâncias da acção, bem como as suas limitações.

- **Reflectir.** A reflexão deve analisar o sentido dos processos, os problemas e as restrições que se tenham evidenciado na acção. Deve tomar em consideração a grande diversidade de perspectivas que podem ocorrer numa dada situação.

Alguns investigadores que têm adoptado nas suas pesquisas o modelo da “investigação-acção” consideram que se torna difícil, no decorrer da intervenção, identificar, de forma bem definida, cada uma das fases da sequência do seu trabalho, questionando-se mesmo quanto à pertinência de se pensar na existência de fases.

Esta questão parece-nos natural, dada a complexidade que envolve a realidade educativa. É, assim, naturalmente de esperar que possam surgir situações não previstas ao longo de um trabalho de pesquisa, sobretudo quando envolve pessoas que obrigam o investigador a agir e responder de modo imediato, e muitas vezes de forma intuitiva. Nessas alturas, ao professor-investigador pedir-se-á que tenha a capacidade de fazer um diagnóstico rápido da situação, que saiba planificar estratégias de intervenção, agir e reflectir sobre a acção. No nosso caso concreto, a investigação-acção que procurámos conduzir foi-se assumindo como sendo baseada num modelo de **investigação-acção emancipatória**, na medida em que se prescindiu da participação de um elemento externo ao contexto em que decorreram as práticas pedagógicas e formativas.

De facto, a professora-investigadora investigou sozinha partindo de problemas que ela própria detectou no exercício das suas funções enquanto professora e orientadora de estágio. O seu papel acabou por se revelar importante no processo investigativo, na medida em que, de forma cíclica, participou activamente em todas as fases da pesquisa, desde a planificação de actividades à sua implementação, recolha de dados e reflexão sobre o processo.

Nesse sentido, procurámos desenvolver a investigação de acordo com duas dimensões em íntima conexão:

- uma dimensão pedagógica/formativa;
- uma dimensão investigativa.

O conceito de *professor-investigador* é muito antigo. Em Inglaterra, nos anos setenta, o conceito reaparece num contexto de reforma educativa associado a projectos que envolviam professores em colaboração com investigadores pesquisando nas suas aulas. Nos anos noventa, o conceito surge em força em vários estudos levados a cabo um pouco por todo o lado.

É de notar que, subjacente ao conceito de professor-investigador, está uma visão recente da profissão docente. Começou a entender-se que, fora do meio académico, as pessoas do “mundo real”, particularmente os professores, também podem conduzir investigações, “investigação que seja prática, dirigida às suas preocupações” (Bogdan e Biklen, 1994, p. 292).

Dá-se, assim, hoje maior relevo ao papel do professor e este é visto, pelos investigadores educacionais, como podendo ser o centro do processo de investigação educacional.

O professor terá, no entanto, de ter bem presente os obstáculos de natureza psicológica e social com que se poderá deparar (Stenhouse, citado por Carr, 1993).

Um desses obstáculos reside na natural tendência que o professor tem em ser exigente consigo próprio e em ser por vezes demasiado crítico relativamente à sua prática. Este facto pode gerar angústias e grande insatisfação. Há que ter também em conta a própria auto-estima do professor, a qual pode ver-se ameaçada, dado que, ao analisar em pormenor e avaliar a sua própria prática, mediante a utilização de instrumentos de recolha de dados, o professor poderá sentir limitações em

aceitar a realidade dos factos que efectivamente lhe poderão apontar insuficiências ou mesmo erros.

O professor-investigador deve partir para as suas pesquisas de espírito aberto e construtivo. Deve saber enfrentar as dificuldades, com a consciência de que, ao investigar, poderá obter melhores informações acerca da sua prática, as quais lhe podem permitir articular melhor o processo de ensino-aprendizagem e estabelecer pontes proficuas entre a teoria e a prática, inerentes à sua actividade enquanto professor, inclusive ao nível da sala de aula.

Todavia, é muito importante que o professor-investigador saiba encontrar o equilíbrio entre o pensar do investigador e o pensar do professor despido de intencionalidades investigativas. Para Atkinson (1994), esse ponto de equilíbrio move-se de acordo com as circunstâncias e modo de pensar do professor.

Conscientes dessas dificuldades, e tendo por base as considerações precedentes; considerando, ainda, que a nossa pesquisa envolveu a acção formativa de professores estagiários, julgámos que o modelo de investigação-acção se adequava ao desenvolvimento de algumas fases da intervenção que resolvemos realizar, essencialmente por:

- ser a metodologia que melhor responderia à nossa intenção de implementar estratégias de formação, avaliar a sua implementação, bem como o desempenho e comportamentos dos próprios professores estagiários;
- ser o papel de “orientadora de estágio/investigadora” o que melhor se adequaria a um estudo onde se pretendia assumir uma atitude crítica, reflectindo sistematicamente, de uma forma individual ou em grupo, com os professores estagiários sobre as suas ideias e práticas pedagógicas, obter melhores informações acerca das ideias relativas aos temas da Nutrição e da Respiração das Plantas, por parte dos professores estagiários, e permitir uma melhor actuação no âmbito da orientação do estágio pedagógico.

Retomando, agora, a explanação das fases fundamentais da nossa intervenção, é de referir que, depois de realizada a entrevista individual aos professores estagiários, levámo-los, numa *terceira fase* da intervenção, a planificar a unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”, apresentada no Anexo X, como mais uma actividade desenvolvida pelo Núcleo de Estágio.

Houve da nossa parte a preocupação de dispensar um acompanhamento estreito, no sentido de discutir com os professores estagiários as suas opções, ao nível da selecção de objectivos a atingir, conteúdos a leccionar, estratégias a implementar ao nível da sala de aula, assim como materiais a seleccionar. Todavia, foi nossa preocupação dar-lhes liberdade nas opções tomadas, sendo o nosso “feedback” essencialmente usado para os aspectos técnicos da concretização da planificação.

Nesta fase do trabalho, um dos professores estagiários (concretamente o professor estagiário E<sub>1</sub>) solicitou-nos insistentemente que o deixássemos aplicar o questionário utilizado com eles aos alunos do 11º ano da turma de regência. Os outros dois colegas eram também da opinião que poderia ser vantajosa essa aplicação.

Decidimos arriscar e não coartar essa iniciativa. Em boa hora tomámos essa decisão, uma vez que os contributos que daí advieram acabaram por ser importantes para o trabalho que aqui apresentamos.

Desse modo, os professores estagiários dividiram e adaptaram o referido questionário e transformaram-no em dois questionários - um relativo à Nutrição das Plantas e outro relativo à Respiração das Plantas. Estes dois questionários vieram a ser integrados na planificação da unidade didáctica elaborada, a qual, entretanto, foi discutida e reformulada, tentando essa reformulação projectar tanto quanto possível o “feedback” recebido aquando das discussões. O mesmo aconteceu com os materiais didácticos inicialmente produzidos.

Numa *quarta fase*, ainda que complementar à investigação realizada, procedemos à *observação* das aulas leccionadas. Cada professor estagiário leccionou um bloco de aulas, distribuídos do seguinte modo:

- *Professor Estagiário E<sub>1</sub>* - Leccionou a sub-unidade programática “*Nutrição das Plantas / Processo Fotossintético*”.
- *Professor Estagiário E<sub>2</sub>* - Leccionou a sub-unidade programática “*Respiração Celular*”.
- *Professor Estagiário E<sub>3</sub>* - Leccionou a sub-unidade programática “*Fotossíntese e Respiração / Funções Complementares*”.

A unidade programática “*Sistemas Vivos e Energia*” foi leccionada num total de 23 aulas, incluindo as destinadas à realização de testes de avaliação formativa e sumativa. As aulas decorreram sempre com a nossa presença, sendo, portanto, alvo de *observação directa*. Por iniciativa dos professores estagiários, como já referimos, foram aplicados aos alunos, antes e depois da leccionação das sub-unidades programáticas referentes à “*Nutrição das Plantas / Processo Fotossintético*” e “*Respiração Celular*”, os questionários, no sentido de identificar *concepções científicas e alternativas* dos alunos. Posteriormente, as respostas dadas aos questionários pelos alunos foram alvo de análise individual e em grupo por parte dos professores estagiários.

Por fim, mais concretamente depois da leccionação da já referida unidade programática, promovemos uma *entrevista* com os professores estagiários, naquela que constituiu uma *quinta fase* da nossa pesquisa. Era inicialmente nossa intenção que as três entrevistas decorressem a nível individual, como aliás tinham decorrido as primeiras, com a presença unicamente do entrevistador e do entrevistado. Contudo, dado que os professores estagiários nos pediram para serem entrevistados em grupo, decidimos adoptar esse modelo. Justificaremos no ponto seguinte esta opção.

Em síntese: como metodologias específicas de investigação adoptou-se uma metodologia que procurou cruzar, em simbiose, os modelos de estudo de casos e de investigação-acção. Esta última vertente foi concretizada através de um conjunto de fases, concretamente quatro, que se organizaram numa espécie de espiral de ciclos. Numa visão analítica, cada ciclo engloba os seguintes momentos: planificação, execução, observação e reflexão.

Deste modo, a investigadora planeou actividades, executou-as, observou e reflectiu sobre a sua acção, tendo mesmo redefinido estratégias de modo a responder às necessidades dos professores estagiários e a situações específicas de formação que foram surgindo ao longo da investigação, iniciando-se, assim, um novo ciclo.

Uma vez definida a metodologia geral de investigação adoptada, bem como as fases fundamentais da intervenção, vamos descrever os procedimentos que seguimos na recolha de dados.

Procurámos, para o efeito, utilizar e conceber instrumentos que fossem potencialmente consistentes e fiáveis, no sentido de produzirem a informação adequada e necessária para esse fim.

Partimos do princípio que no estudo de casos e na investigação-acção se deve investigar recorrendo a diversos métodos, técnicas e instrumentos, desejavelmente conjugados de forma complementar. Pode fazer-se uso de técnicas que resultam de uma adaptação das utilizadas em abordagens quantitativas, como o questionário, até ao uso exclusivo de procedimentos instrumentais qualitativos, como a entrevista ou a observação.

### 3.2.2.3. *Procedimentos de Recolha de Dados*

*Inquérito por questionário.* Como já fizemos referência na secção anterior, com o objectivo de identificar as concepções científicas e alternativas dos três professores estagiários em dois momentos distintos, decidimos recorrer ao inquérito por questionário. Utilizámos para o efeito o instrumento que já tínhamos construído e validado para aplicar a outros sujeitos (alunos dos 1º e 4º anos e aos outros professores estagiários). Esta decisão prendeu-se, principalmente, com o facto de pensarmos que se tratava de uma boa *técnica de observação indirecta*, em que a investigadora se poderia dirigir aos professores estagiários para obter a informação procurada.

Pensámos que o questionário utilizado, num contexto de abordagem interventiva, enquanto instrumento de recolha de dados, poderia permitir a promoção nos indivíduos intervenientes de uma reflexão acerca de um ou vários aspectos sobre os quais teriam oportunidade de responder livremente, sem receio de que as suas respostas fossem condicionadas, de algum modo, por factores limitativos, tais como o tempo de resposta, a avaliação ou a delimitação rígida de um tema a abordar. Considerámos ainda que o questionário se adequava particularmente bem a uma utilização formativa e pedagógica e por isso a ele recorremos.

*As entrevistas.* Esta técnica pressupõe a possibilidade de interacção verbal entre uma pessoa (o entrevistador) que solicita informação de outra pessoa (o entrevistado) ou de um grupo de pessoas, para recolha de dados sobre as suas crenças, ideias e opiniões acerca de um determinado assunto (Rodriguez Gómez et al., 1996).

Mediante a entrevista, estabelece-se uma troca recíproca, em que o interlocutor investigado é levado a exprimir as suas percepções de um acontecimento ou de uma situação, as suas ideias, as suas interpretações ou as suas experiências. Por outro lado, o investigador, através das questões mais ou menos abertas que coloca

e das suas reacções, facilita essa expressão, evitando que ela se afaste dos objetivos da investigação e permite que o investigador aceda a um grau máximo de autenticidade e de profundidade (Quivy e Campenhoudt, 1992). Na recolha de informações, a atitude do entrevistador deverá ser a de alguém que procura dialogar com o entrevistado, promovendo ao mesmo tempo a reflexão deste.

Relativamente aos diversos tipos de entrevistas, a forma mais habitual de as distinguir é através do seu grau de estruturação. Com base nesse critério, as entrevistas diferenciam-se basicamente em três tipos: as estruturadas, as semi-estruturadas e as não estruturadas ou livres. As que apresentam um formato mais rígido são as primeiras, caracterizando-se pela formulação das questões e a sua sequência de apresentação não serem em regra alteradas. As últimas diferenciam-se pelo facto de o entrevistador apenas dispor de uma lista de tópicos que pretende ver abordados pelo entrevistado, podendo, no decorrer da entrevista, colocá-los à consideração do entrevistado, formulando as questões como entender e na sequência que considerar mais adequada.

Optámos pela realização de *entrevistas semi-estruturadas*, semi-directivas ou semi-dirigidas, como técnica de recolha de dados (Ghiglione e Matalon, 1993), na medida em que se orientam por um número restrito de “perguntas-guia” relativamente abertas, sem que haja a obrigatoriedade de serem apresentadas segundo a mesma ordem e formuladas do mesmo modo.

Não obstante os factores múltiplos que podem interferir numa situação de entrevista, de certo modo condicionando a sua validade, esta técnica continua a ser preciosa na recolha de informações que, por se localizarem em regiões íntimas do indivíduo, só serão disponibilizadas por intermédio de um relacionamento afectivo, que só uma entrevista semi-estruturada pode proporcionar.

Partindo destes pressupostos, elaborámos o *guião* das entrevistas iniciais que efectuámos aos professores estagiários. Para assegurar a sua validade de conteú-

do, submetemos o referido guião à análise e avaliação de um *Painel de Juizes*, constituído por um Doutor do Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, com inúmeras provas dadas no campo da investigação e participação em projectos de investigação, uma Mestre em Ensino das Ciências da Universidade de Évora e uma Professora do Quadro de Nomeação Definitiva de uma Escola Secundária, Orientadora Pedagógica do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia, de reconhecido mérito profissional e experiência docente.

O *Painel de Juizes* apresentou-nos algumas críticas e sugestões construtivas, as quais, depois de incorporadas, nos permitiram chegar à versão final do referido guião, apresentado no Anexo VII.

Com base no guião assim construído, e tendo como ponto de partida os questionários que tinham sido respondidos pelos professores estagiários, realizámos as entrevistas iniciais individualmente aos três professores estagiários, sempre no sentido de os levar a reflectir sobre as ideias que tinham expresso em ambos os questionários respondidos, tentando explorar e porventura fazer emergir outras ideias relacionadas com a Nutrição e a Respiração das Plantas.

No final da intervenção, elaborámos de novo um guião da entrevista e procedemos nos mesmos moldes para assegurar a sua validade de conteúdo, submetendo-o à apreciação crítica do *Painel de Juizes*. A versão final do guião é apresentada no Anexo XI. Tal guião, que por força das circunstâncias (já explicadas) veio a constituir-se como um guião para uma entrevista de grupo. Pensamos, tal como verificou Neto (1995), ter feito uma boa opção ao adoptar essa modalidade de entrevista, pelas seguintes razões:

- termos verificado que os professores estagiários estavam mais à vontade, com menos reservas e bloqueamentos;
- ter sido o diálogo mais vivo, mais diversificado e mais profundo;

- ser a investigadora obrigada a intervir muito menos no fornecimento de estímulos, reforços ou pistas – eram, muitas vezes, os próprios professores estagiários a assumir agora parte desse papel;
- ter, desse modo, a investigadora a possibilidade de se debruçar sobre muitos mais aspectos, alguns deles marcados por uma espontaneidade que só a presença de um colega terá, por certo, conseguido incentivar.

Naturalmente, tivemos em consideração alguns dos inconvenientes metodológicos associados a esta opção, nomeadamente a influência mútua entre os professores estagiários e poder um deles assumir a liderança do processo; no entanto, decidimos arriscar, contando à partida com o facto de nessas possíveis situações poder a investigadora ter alguma flexibilidade de intervenção, no sentido de moderar esse tipo de comportamentos e incentivar o professor estagiário menos interveniente a expressar e a justificar as suas ideias. Considerámos, pois, que o que se poderia ganhar em diversidade e profundidade de diálogos compensaria o que se poderia perder em termos de significância dos resultados a que eles conduzem.

Durante a entrevista de grupo foi promovida pela investigadora discussão entre os três professores estagiários, centrada em torno das questões que constam do guião em causa (Anexo XI). Essa discussão visou potenciar a reflexão sobre o conhecimento pedagógico dos conteúdos relativos à Nutrição e Respiração das Plantas. Foi fomentada reflexão acerca do modo como tinham decorrido as aulas, acerca das mudanças sentidas e sobre as implicações para os próprios professores estagiários e para os alunos do trabalho efectuado.

Foi ainda importante termos tentado no decurso da entrevista identificar algumas mudanças ocorridas, as dificuldades vividas e os constrangimentos sentidos por parte dos professores estagiários, ao longo do trabalho que efectuaram no tratamento da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”.

*A Observação Directa de Aulas.* Para Gómez, Flores e Jiménez (1996), a observação pode assumir um papel fundamental numa pesquisa, dado que, “para responder a ciertos interrogantes, la observación puede ser el enfoque más apropiado” (p. 149).

A observação directa é um método que capta os comportamentos individuais ou colectivos no momento em que se produzem, sem que haja o recurso por exemplo a questionários, guiões de entrevista ou um qualquer outro testemunho. Essa é uma das principais vantagens desse procedimento metodológico (Quivy e Campenhoudt, 1992).

Para responder a certas questões que se colocam numa dada investigação, a observação directa pode ser de facto o melhor dos procedimentos a seguir por parte do investigador. Só através da observação directa é possível captar aspectos que poderão escapar usando métodos de observação indirecta, onde os fenómenos são recriados pelas declarações dos actores. Também Gómez, Flores e Jiménez (1996) atribuem esta importância à observação directa:

La observación [directa] permite obtener información sobre un fenómeno o acontecimiento tal y como éste se produce. Allí donde se sospeche una posible desviación o distorsión en el recuerdo que afecte a los datos, es también preferible utilizar la observación antes que otros métodos. De igual modo, muchos sujetos o grupos no conceden importancia a sus propias conductas, a menudo escapan a su atención o no son capaces de traducirlas a palabras. Estas conductas deben ser observadas si queremos descubrir sus aspectos característicos. (p. 149)

No entanto, constrangimentos vários podem surgir no decurso da observação directa, para os quais o investigador deverá estar atento. Um dos problemas prende-se com as dificuldades encontradas por parte do observador em ser aceite pelos indivíduos observados. Outro problema relaciona-se com os registos que o observador pretende realizar acerca da realidade observada, dado o facto de o investigador não poder confiar unicamente na sua recordação dos acontecimentos. Para obviar a tais limitações e dificuldades deverá o investigador/observador tentar integrar-se progressivamente na realidade que pretende observar. A transcrição de

acontecimentos e mesmo comportamentos observados pode, por outro lado, ser concretizada, caso isso seja de facto o mais aconselhável, imediatamente após uma sessão de observação.

No nosso caso concreto, realizámos a observação directa das 23 aulas leccionadas pelos três professores estagiários sobre a unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”. Tivemos o privilégio de estar nas aulas inteiramente à vontade, visto ser norma do trabalho de estágio a assistência obrigatória, por parte de todo o núcleo, a todas as aulas das turmas de regência (turmas atribuídas ao orientador de estágio, como era o caso da turma do 11º ano de escolaridade). Segundo as próprias palavras dos professores estagiários, referindo-se às aulas da turma de regência: “estar lá o orientador ou não estar era a mesma coisa”.

Por outro lado, desde o início do ano lectivo que os professores estagiários se tinham habituado ao facto de a orientadora de estágio fazer, durante o decurso de uma aula, os seus registos nos exactos momentos em que os acontecimentos são produzidos, com o objectivo de se analisarem e discutirem, individualmente e em grupo, as aulas alvo de observação.

Pelo que foi dito, facilmente se compreende que tivemos um procedimento muito semelhante ao adoptado noutras aulas observadas. Houve, contudo, preocupação acrescida ao nível da atenção colocada na observação realizada e dos registos efectuados.

Na discussão das aulas foi-se sempre tentando identificar as dificuldades sentidas na leccionação dos conteúdos científicos e outras que eventualmente foram surgindo, relacionando o mais possível com a fase de preparação das mesmas, num permanente exercício de reflexão sobre a acção do professor estagiário.

A observação directa das aulas, embora lateral à investigação, tal como a havíamos planificado, acabou por constituir um reforço bastante ilustrativo de algumas

inferências extraídas com base nos dados dos questionários que tinham sido aplicados aos professores estagiários e das entrevistas que lhes foram efectuadas.

A partir da observação das aulas, de cariz essencialmente naturalista, promoveu-se uma interacção dialéctica entre a orientadora de estágio/investigadora e os professores estagiários, com momentos quase diários de reflexão individual e conjunta sobre as práticas educativas.

#### **3.2.2.4. Organização e Análise dos Dados**

Os dados qualitativos permitem descrições, explicações e interpretações “ricas”, solidamente sedimentadas em procedimentos que, ao contrário do que acontece com as tradicionais abordagens quantitativas, respeitam a individualidade de cada situação específica, o contexto em que ela ocorre e a sua temporalidade (Neto, 1995).

A organização e análise das informações recolhidas no âmbito de uma investigação qualitativa não se realiza no final da pesquisa, mas sim ao longo de todo o processo da mesma. É um processo que não deve ser rígido, mas antes cíclico e interactivo; deve ainda ser sistemático, ordenado e obedecer a um plano.

Na opinião de Miles e Huberman (citados por Lessard-Hébert et al., 1994), a organização de dados corresponde a uma fase determinante de análise dos mesmos dado que:

- permite ao investigador uma representação dos dados num espaço visual reduzido;
- auxilia a planificação de outras análises;
- facilita a comparação entre diferentes conjuntos de dados;
- por último, garante a utilização directa dos dados no relatório final. (p. 118)

A análise de dados qualitativos é uma etapa de busca sistemática e reflexiva de informação obtida. Constitui um momento fundamental no processo investigativo e implica trabalhar os dados, copiá-los, organizá-los, encontrar regularidades e descobrir o que de mais importante podem trazer à investigação.

Como afirma Pérez Serrano (citado por Carrasco e Hernández, 2000):

En la investigación cualitativa el modelo de análisis de datos puede ser muy variado, tanto como el investigador pueda necesitar e inventar para sistematizar y presentar la información. Puede utilizar planos, cuadros, matrices, diagramas, etc. Los datos que entran en ellos no suelen ser cuadros de análisis estadístico de tipo cuantitativo que llena sus casillas con números. Normalmente se trata de frases sencillas, sentencias, abreviaturas, símbolos, códigos... que el investigador utiliza a lo largo del proceso de investigación. (p. 122)

A técnica fundamental de tratamento e exploração dos dados qualitativos é a *análise de conteúdo*, a qual tem por suporte o discurso, geralmente verbal, dos investigados. A análise de conteúdo deve reduzir, categorizar, classificar, sintetizar e comparar a informação, com o objectivo de se obter uma visão o mais completa possível da realidade objecto de estudo.

Por mais importante que se tenha vindo a tornar esta técnica de organização e análise de dados, e por mais fecundos que sejam os seus resultados, o certo é que a mesma não está isenta de limitações que lhe são inerentes e por isso inevitáveis. Segundo Neto (1995), “o seu problema crónico tem a ver, fundamentalmente, com a “matéria prima” com que trabalha: palavras (sobretudo) em alternativa a números” (p. 521).

De facto, as palavras são muito mais “ricas” que os números, uma vez que podem ter, geralmente, diversos significados e sentidos; daí a dificuldade em as interpretar e manipular. Os números, pelo contrário, são menos ambíguos, o que torna o seu tratamento mais fácil. Esse facto pode, no entanto, não compensar, dada a perda de riqueza, de uma análise de dados baseada em determinadas circunstâncias, apenas em números.

Pelas considerações precedentes, e não obstante as dificuldades associadas à análise de conteúdo, tentámos, sobretudo ao nível da análise dos protocolos das entrevistas realizadas com os professores estagiários, não nos limitar à inclusão apenas de *excertos* desses protocolos escritos. Consideramos, contudo, que esses *excertos* possuem grande relevância, a título de ilustração, clarificação ou complemento de ideias e por isso os iremos também incluir no texto do trabalho, quando o considerarmos pertinente. No entanto, resolvemos avançar para o domínio da categorização e interpretação dos dados disponíveis.

Tendo em consideração tudo o que acabámos de referir, vamos agora explicar um pouco melhor os nossos principais procedimentos, no que diz respeito ao modo de proceder para organizar e analisar os dados recolhidos aquando da aplicação das diferentes técnicas de recolha de dados por nós eleitas no âmbito da intervenção levada a cabo.

No que diz respeito aos *questionários aplicados* em momentos distintos aos professores estagiários, resolvemos proceder de modo semelhante à análise realizada às respostas dos questionários aplicados aos alunos dos 1º e 4º anos e aos outros 18 professores estagiários. Assim, procedemos, inicialmente, à análise das respostas dadas a cada questão, pelos professores estagiários aos questionários aplicados antes e depois do contacto com os conteúdos programáticos da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”. Seguidamente, elaborámos dois quadros-síntese com as *concepções científicas e alternativas* identificadas nos pontos 1. e 2. das Partes I dos questionários, relativas à *Nutrição das Plantas* (Quadro 39) e nos pontos 1. e 2. das Partes II dos questionários, relativas à *Respiração das Plantas* (Quadro 42). Elaborámos numa fase posterior outros quadros-síntese, no sentido de reunir o número total de *concepções científicas e alternativas* identificadas tanto nos primeiros questionários aplicados como nos segundos (Quadros 40 e 43), com o objectivo de ter uma ideia do número de *concepções cientí-*

*ficas e alternativas* identificadas em cada questionário e em cada professor estagiário.

Decidimos depois debruçarmo-nos sobre os seis mapas de conceitos construídos pelos professores estagiários, três no âmbito das respostas ao primeiro questionário e os outros três no âmbito das suas respostas ao segundo questionário. Na análise efectuada, utilizámos de novo o *Instrumento para Análise dos Mapas de Conceitos Elaborados pelos Questionados no Estudo Realizado* (Anexo V).

Seguimos exactamente os mesmos critérios que já tínhamos seguido aquando da análise dos mapas de conceitos dos outros sujeitos investigados e, por fim, construímos os Quadros-resumo 41 e 44 com as diferentes classificações atribuídas às quatro características dos mapas de conceitos consideradas (utiliza um conjunto de conceitos chave, utiliza palavras de ligação, estabelece hierarquias e estabelece cruzamentos) e com as classificações globais atribuídas aos mapas de conceitos, assim como com as respectivas classificações médias.

Voltaremos, mais adiante, a abordar este assunto e apresentaremos as nossas conclusões acerca dos resultados obtidos.

No que diz respeito às *entrevistas* realizadas aos professores estagiários, as mesmas tiveram, em média, a duração de cerca de 60 minutos. O mesmo se poderá dizer no que tem a ver com a entrevista de grupo/final. As quatro entrevistas, depois de assegurado o consentimento dos professores estagiários, foram gravadas na íntegra em suporte áudio.

O procedimento de análise adoptado para as mesmas foi o seguinte:

1. *Transcrição*. A transcrição, na íntegra, do conteúdo das entrevistas foi uma tarefa assegurada pela própria investigadora que se acabou por revelar bastante morosa, dada a sua extensão. Foi uma opção que fizemos no sentido de minimizar as distorções que qualquer processo de transcrição sempre implica – distorções essas que estão frequentemente associadas a actos não verbais,

como é o caso das pausas no discurso e das acentuações exclamativas ou interrogativas.

2. *Categorização*. Finalizada a fase da transcrição, procedemos inicialmente a uma leitura atenta, exaustiva e reflectida dos protocolos existentes (Anexos VIII e XII). Após a análise e triagem desses conteúdos, procedemos à sua categorização. Tentou-se aqui, por um lado, identificar *concepções científicas e alternativas* relativas aos temas centrais da investigação e, por outro lado, caracterizar constructos pessoais, independentemente de juízos pré-estabelecidos. Só posteriormente houve a preocupação de definir as categorias e sub-categorias que podem ser consultadas nos Anexos IX e XIII.

Dos protocolos das entrevistas, foram seleccionados alguns excertos que, pela sua relevância e pertinência, inseriremos, oportunamente, no texto, com o objectivo de ilustrar, reforçar ou complementar inferências, conclusões e argumentações, associadas, por exemplo, aos resultados decorrentes da investigação, como aliás já tivemos oportunidade de referir.

No que diz respeito à *observação directa* das aulas, e tal como já indicámos, ela possuiu aqui uma função complementar, ainda que de alguma relevância na investigação que realizámos. Tivemos, nesse sentido, em cada uma das aulas alvo de observação, a preocupação de registar, descritiva e reflectidamente, os acontecimentos e comportamentos de cada professor estagiário que maior relevo nos pareceram ter no contexto da sala de aula. Foram, a esse respeito, objecto de especial atenção e particular cuidado os seguintes aspectos:

- dificuldades surgidas por parte dos professores estagiários;
- atitudes mais pertinentes dos professores estagiários perante as ideias e os comportamentos dos alunos;
- interacções mais marcantes estabelecidas entre os professores estagiários e os alunos;

- tarefas propostas aos alunos que melhor ou pior resultaram;
- análises críticas e reflectidas que os professores estagiários eram capazes de fazer no fim das aulas.

Os registos efectuados visaram sobretudo ajudar a investigadora na recolha de dados que, depois de discutidos, pudessem levar os professores estagiários a reflectir sobre as suas aulas, no sentido de ajustarem as estratégias às reais necessidades dos alunos, reformularem e reestruturarem métodos e atitudes no intuito de poderem contribuir para um ensino de melhor qualidade e para aprendizagens verdadeiramente significativas dos seus alunos, ao nível dos conteúdos específicos relativos à *Nutrição e Respiração das Plantas*.

Pensamos sem ser ensinados...

Não se infira do facto de pensarmos de uma forma espontânea que pensamos de um modo tão eficaz como poderíamos...

O desafio não está tanto em ensinar a pensar, mas ensinar a pensar bem.

Nickerson (1987)

## Capítulo 4

### APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### **4.1. CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DOS CONTEÚDOS DE FUTUROS PROFESSORES DE BIOLOGIA: UMA ANÁLISE EVOLUTIVA**

Neste ponto do trabalho, serão apresentadas, analisadas e discutidas as *concepções científicas e alternativas* recolhidas e identificadas nos investigados, alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários, aquando das suas respostas aos pontos um - relativos à relação entre termos por meio de frases sintéticas; e dois - relativos à escolha de opção(ões) de resposta; bem como os resultados referentes à apreciação dos mapas de conceitos, por si elaborados, ao darem resposta aos pontos três, das Partes I e II do questionário aplicado (Anexo III).

Tentando não incorrer numa análise demasiado exaustiva, julgámos, ainda assim, importante apresentar uma breve descrição dos resultados provenientes da aplicação do questionário, questão a questão, no sentido de se conseguir uma melhor caracterização das ideias/concepções dos questionados. Para o efeito, apoiámo-nos em gráficos e quadros, onde são evidentes os resultados a que chegámos.

Salientamos que um dos objectivos deste trabalho, aliás delineado na Introdução, era identificar, sempre que possível, as *concepções científicas e alternativas* relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, pelo que outras concepções que, de algum modo, ultrapassaram o âmbito do estudo exploratório efectuado, não foram alvo de tratamento, uma vez que, por si só, constituiriam tema para outra investigação.

### 4.1.1. Resultados e Análise do Questionário - Parte I: Nutrição das Plantas

#### Questão 1.1. - Fotossíntese / Nutrientes

Como se pode observar na Figura 7, da relação entre os termos fotossíntese e nutrientes, foram identificadas concepções que tornaram possível a criação de uma classe de concepções científicas - classe A e três de concepções alternativas - classes B, C e D.

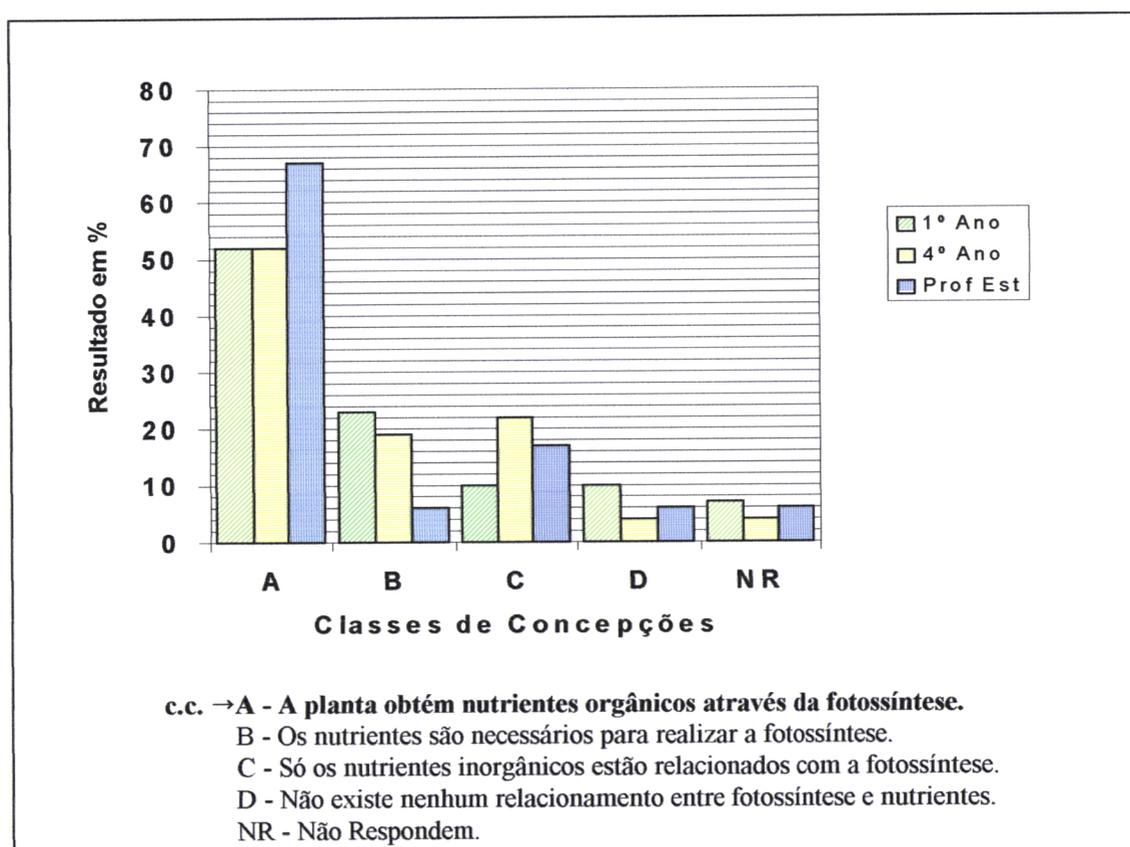


Figura 7 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Fotossíntese e Nutrientes

#### Quadro 7

#### Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.1. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 16               | 55,2 | 14               | 53,8 | 12                | 70,6 |
| Concepções Alternativas | 13               | 44,8 | 12               | 46,2 | 5                 | 29,4 |

A maioria dos investigados, sobretudo os professores estagiários (70,6%, como se pode constatar também pela análise do Quadro 7), evidenciou concepções científicas concordantes com a ideia de que a planta obtém nutrientes orgânicos através da fotossíntese. É disso exemplo a seguinte frase extraída de um dos questionários dos professores estagiários: *“A fotossíntese é um processo utilizado pelas plantas para o fabrico dos seus próprios nutrientes”*.

No que respeita às concepções alternativas identificadas, salientamos o facto de a maior parte serem ilustrativas de uma certa confusão entre nutrientes orgânicos e inorgânicos, como se poderá depreender da frase escrita por um dos alunos do 4º ano: *“Através do processo da fotossíntese os nutrientes, absorvidos pelas plantas são sintetizados, podendo assim contribuir para o crescimento das mesmas”*.

Nesta questão, não se verificam diferenças significativas, em termos de percentagens totais de concepções científicas e alternativas identificadas entre os três grupos de questionados. Como se pode constatar através dos indicadores resultantes da aplicação do teste do Qui-quadrado presente no Anexo IV - Quadro 1. Esta é aliás uma das evidências retiradas dos dados recolhidos, na grande maioria das questões, razão pela qual só voltaremos a fazer referência explícita à existência de diferenças significativas desse tipo, quando o entendermos pertinente.

### **Questão 1.2. - Nutrientes / Energia**

Ao relacionarem os termos nutrientes e energia, os alunos dos 1º e 4º anos e os professores estagiários manifestaram principalmente dois tipos de concepções científicas, com base nas quais foram construídas as classes A e B, representadas na Figura 8.

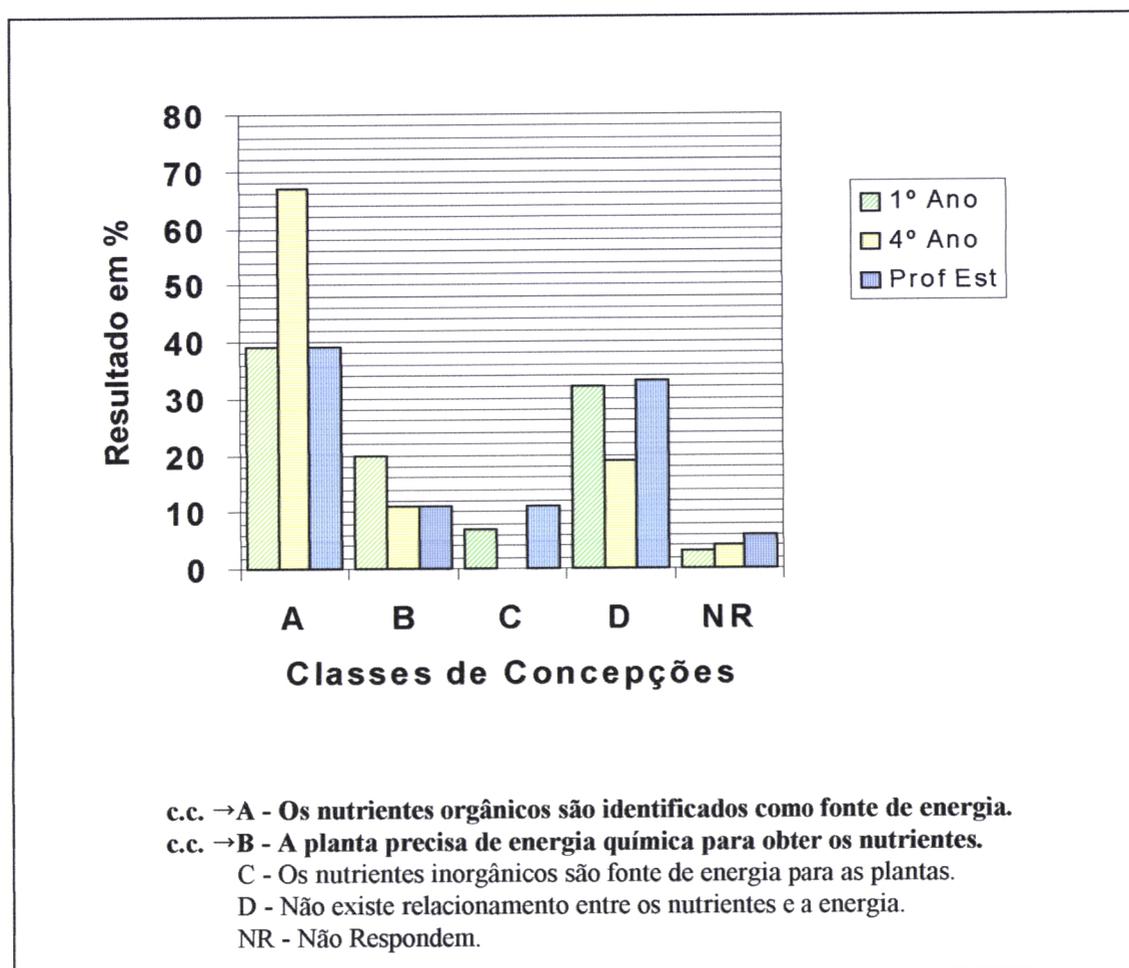


Figura 8 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Nutrientes e Energia

Quadro 8

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.2. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 18               | 60,0 | 21               | 80,8 | 9                 | 52,9 |
| Concepções Alternativas         | 12               | 40,0 | 5                | 19,2 | 8                 | 47,1 |

De acordo com as referidas classes, os nutrientes orgânicos são identificados como fonte de energia e a planta precisa de energia química para obter os nutrientes. A seguinte frase elaborada por um dos alunos do 4º ano é bem ilustrativa do primeiro caso: “A energia necessária às plantas é obtida dos nutrientes sintetizados na fotossíntese”.

Houve também a identificação de ideias, onde era evidente a concepção alternativa de que “os nutrientes inorgânicos são fonte de energia para as plantas” - classe C. No entanto, os alunos do 4º ano não manifestaram este tipo de ideias. Como exemplo, regista-se a afirmação retirada de um dos questionários dos alunos do 1º ano: “*A partir dos nutrientes que as plantas captam, elas obtêm a energia necessária para realizarem as suas funções*”.

Identificou-se ainda uma certa dificuldade por parte de alguns dos questionados em relacionar os termos, especialmente entre os professores estagiários e os alunos do 1º ano - classe D.

Do quadro relativo a esta questão (Quadro 8), pode facilmente perceber-se que foram os alunos do 4º ano a manifestarem mais ideias de acordo com as concepções científicas (80,8% dos alunos), curiosamente a grande distância relativa dos próprios professores estagiários.

### **Questão 1.3. - Água / Dióxido de Carbono**

Da análise da Figura 9, pode concluir-se que da relação entre os termos água e dióxido de carbono, no sentido de se explicar o modo como as plantas se nutrem, foi possível identificar nos questionados concepções científicas que tornaram possível a criação de três classes - classes A, B e C, de acordo com as quais “a água e o dióxido de carbono associam-se para produzir os nutrientes orgânicos das plantas”, “a água e o dióxido de carbono são necessários para a fotossíntese” e “a planta absorve água e dióxido de carbono”.

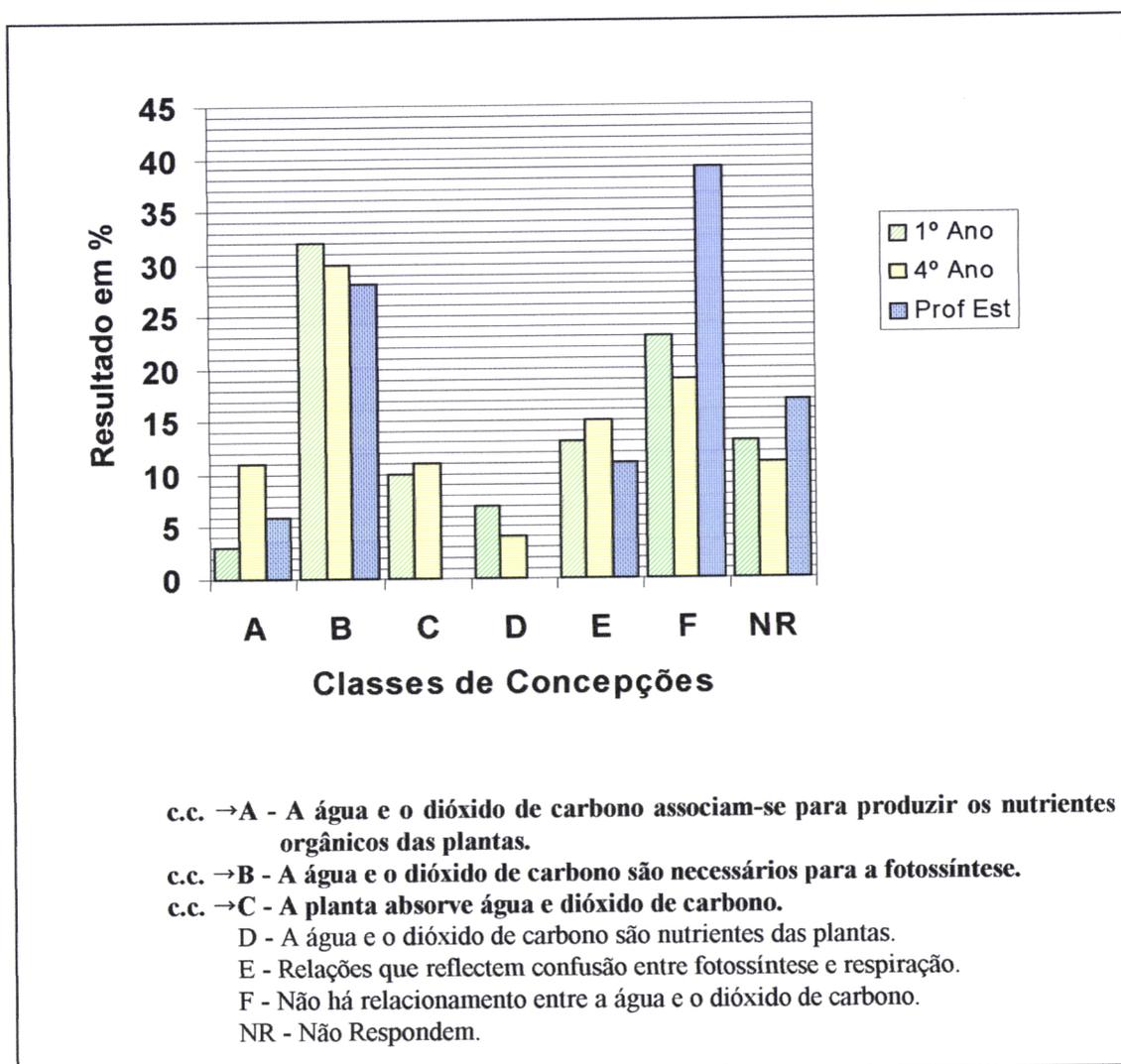


Figura 9 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Água e Dióxido de Carbono

Quadro 9

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.3. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 14               | 51,9 | 14               | 58,3 | 6                 | 40,0 |
| Concepções Alternativas | 13               | 48,1 | 10               | 41,7 | 9                 | 60,0 |

Parece efectivamente, que um grande número de questionados tinha bem consolidada a ideia de que a fotossíntese é um processo que só ocorre na presença de

água e dióxido de carbono; ideia bem evidenciada na seguinte afirmação de um dos alunos do primeiro ano: *“No processo da fotossíntese, para que este decorra é necessário a água e o dióxido de carbono”*.

Manifestaram-se concepções alternativas que nos levaram à criação das classes D, E e F. De salientar o número de questionados que apresentaram concepções confusas entre fotossíntese e respiração, manifestando ideias como a seguinte, de um professor estagiário: *“A água e o dióxido de carbono são dois produtos resultantes do processo fotossintético”*.

Da análise do Quadro 9, pode inferir-se que, curiosamente, foram os professores estagiários que manifestaram uma percentagem mais elevada (60%) de concepções alternativas, de algum modo em consonância com o que havia, por seu lado, acontecido na questão anterior.

#### **Questão 1.4. - Oxigénio / Dióxido de Carbono**

Quanto à relação entre os termos oxigénio e dióxido de carbono, foi identificado um grande número de concepções científicas, o que nos levou a formar a classe A: *“durante a fotossíntese a planta absorve dióxido de carbono e liberta oxigénio”*. Contudo, observando a Figura 10, pode constatar-se que, mesmo assim, foi detectada uma elevada e diversificada percentagem de concepções alternativas, as quais decidimos agrupar em cinco classes - classes B, C, D, E e F.

No que diz, por exemplo, respeito à classe D, *“relações que reflectem confusão entre o gás absorvido e o libertado no processo”*, foram os alunos do 4º ano que com maior insistência manifestaram ideias desse tipo: *“O oxigénio é imprescindível à planta, esta após fazer a fotossíntese liberta dióxido de carbono”*.

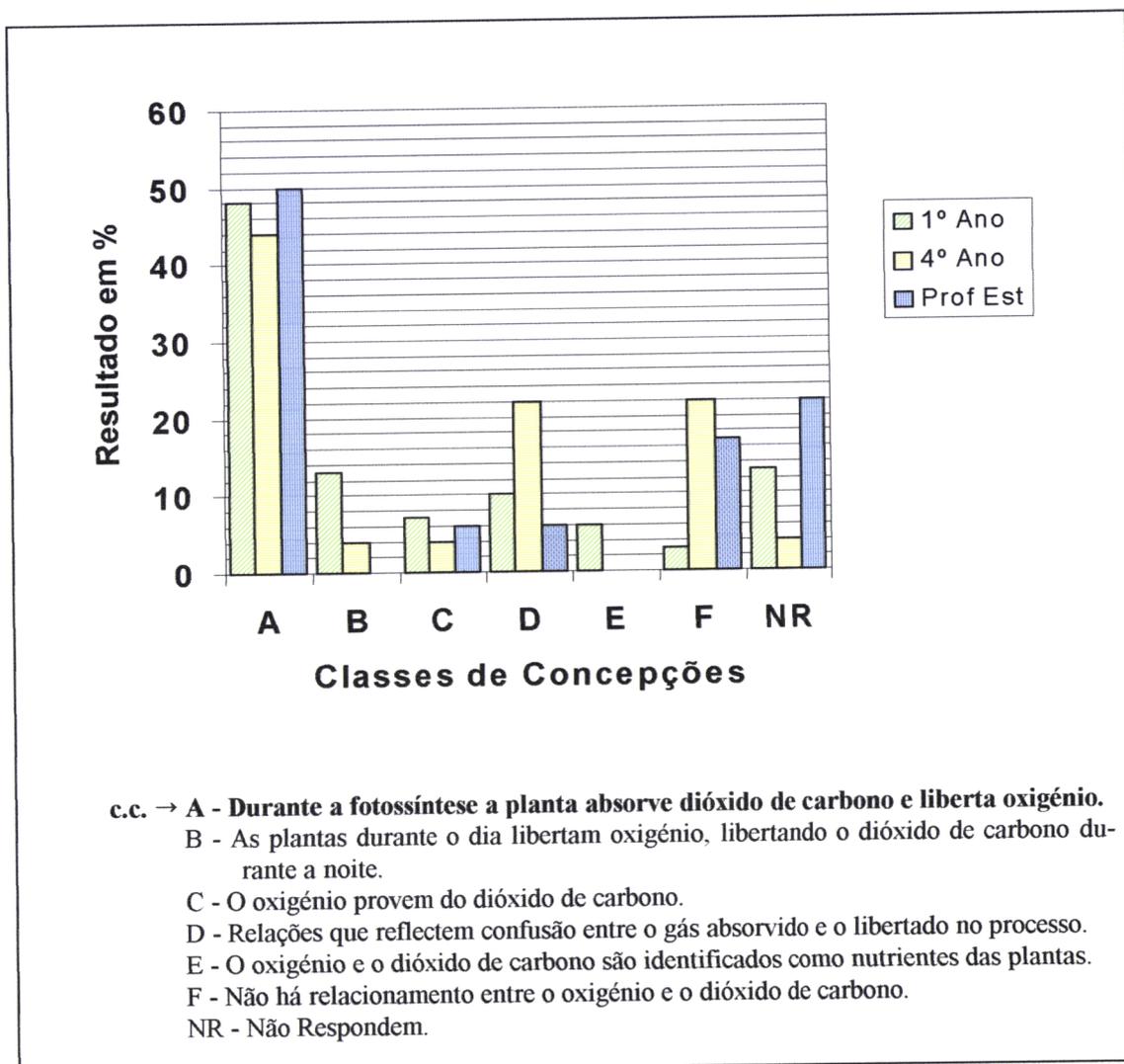


Figura 10 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigênio e Dióxido de Carbono

Quadro 10

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.4. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 15               | 55,6 | 12               | 46,2 | 9                 | 64,3 |
| Concepções Alternativas | 12               | 44,4 | 14               | 53,8 | 5                 | 35,7 |

Pode ainda observar-se que questionados dos três grupos admitiram que o oxigênio libertado no processo provém da molécula do dióxido de carbono - classe C.

É disso exemplo a frase escrita por um dos alunos do 4º ano: *“As moléculas de  $O_2$  provêm da degradação do  $CO_2$ ”*.

### **Questão 1.5. - Oxigénio / Glúcidos**

No que concerne à relação entre os termos oxigénio e glúcidos, verificamos, com base na Figura 11, que foram construídas cinco classes de concepções. A classe A diz respeito às ideias científicas segundo as quais, “durante a fotossíntese a planta produz glúcidos e oxigénio”. É disso exemplo a ideia subjacente à frase: *“Os glúcidos são um dos nutrientes que a planta produz, libertando o  $O_2$ ”*, de um dos professores estagiários.

Foram, no entanto, identificadas em percentagem não irrelevante concepções alternativas - classes B, C, D e E, muitas relacionadas com a ideia de que “a produção de glúcidos durante a fotossíntese implica a presença de oxigénio” - classe B. É disso exemplo a ideia expressa na seguinte frase, também de um dos professores estagiários: *“O oxigénio é utilizado no decorrer do processo fotossintético para a produção de glúcidos”*. Mas foram efectivamente os alunos do 4º ano que mais manifestaram este tipo de ideias.

Registou-se ainda, e de forma mais significativa, não só a dificuldade dos questionados em relacionarem os termos desta questão, por forma a explicarem o modo como as plantas se nutrem, como por outro lado, a elevada percentagem de não respondentes, o que poderá distorcer os resultados.

Analisando os dados do Quadro 11, concluímos que, apesar de, estatisticamente, não se terem detectado diferenças significativas, foram os alunos do 1º ano que manifestaram uma percentagem mais elevada de concepções científicas, apesar de neste grupo se terem identificado tantas concepções científicas quantas as alternativas.

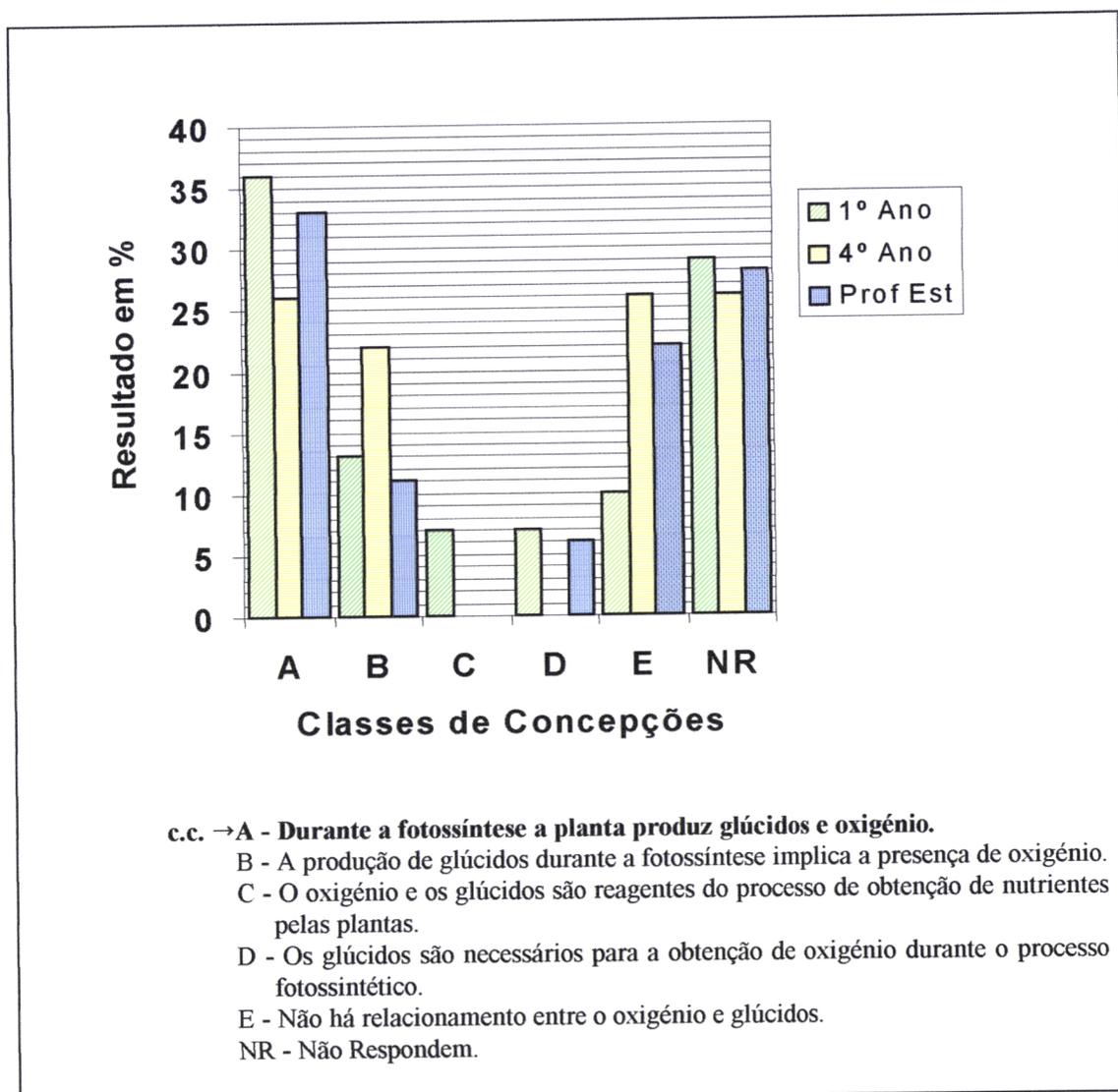


Figura 11 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigénio e Glúcidos

Quadro 11

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.5. - Parte I do Questionário

| Concepções Identificadas | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                          | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas   | 11               | 50,0 | 7                | 35,0 | 6                 | 46,2 |
| Concepções Alternativas  | 11               | 50,0 | 13               | 65,0 | 7                 | 53,8 |

**Questão 1.6. - Energia / Glúcidos**

Relativamente a esta relação, os investigados voltaram a manifestar ideias de acordo com concepções científicas e alternativas. Foi assim possível considerar, conforme o representado na Figura 12, duas classes de concepções científicas - classes A e B, e duas classes de concepções alternativas - classes C e D.

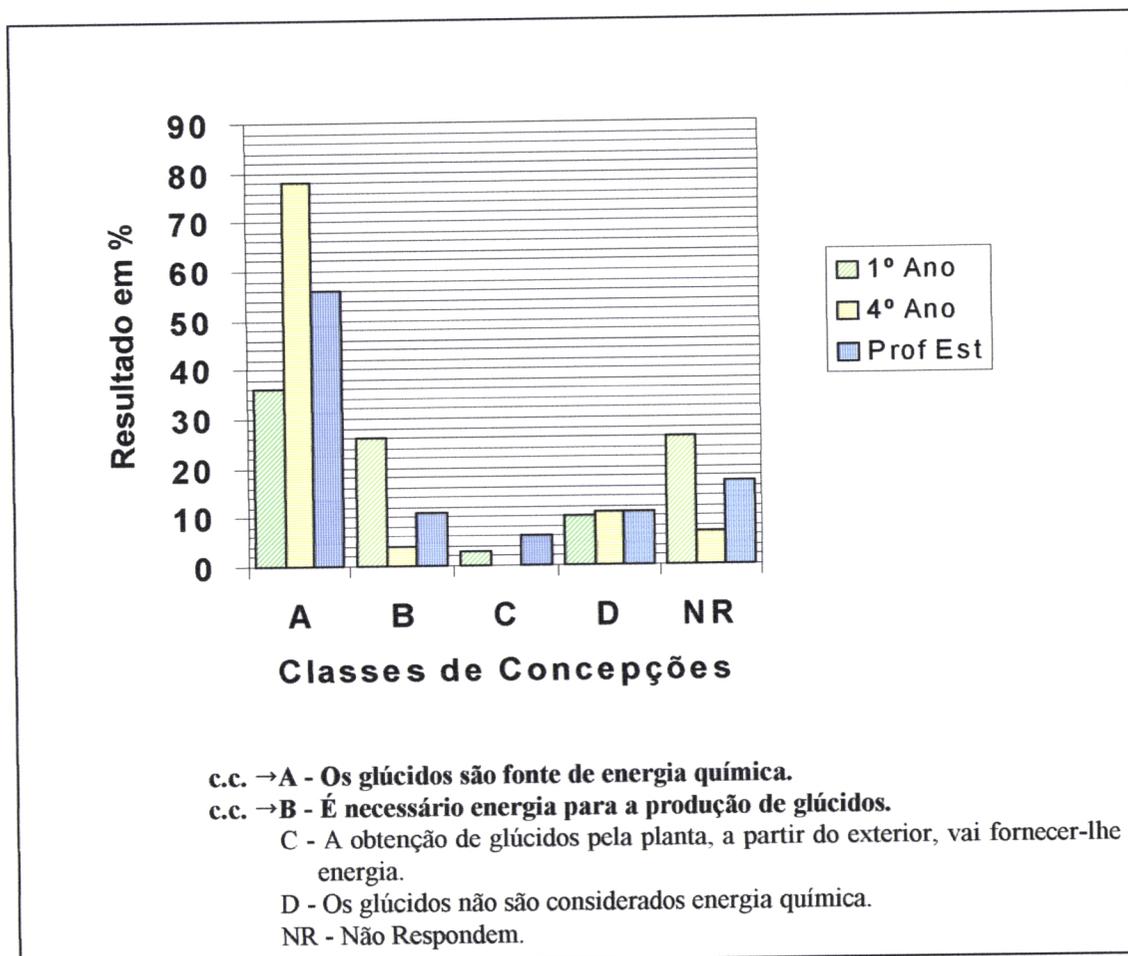


Figura 12 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Energia e Glúcidos

Quadro 12

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.6. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 19               | 82,6 | 22               | 88,0 | 12                | 80,0 |
| Concepções Alternativas         | 4                | 17,4 | 3                | 12,0 | 3                 | 20,0 |

A grande maioria dos investigados manifestou de facto concepções científicas, mais de acordo com a ideia expressa pela classe A: “os glúcidos são fonte de energia química”, conforme se pode verificar na seguinte frase, de um dos alunos do 4º ano: “*Os glúcidos são fonte de energia necessária para o desenvolvimento das plantas*”. Um número significativo de alunos do 1º ano manifestou, em especial, a concepção cientificamente correcta de que para se produzirem na planta os compostos orgânicos é necessária energia, como acontece em todos os processos de biosínteses.

Numa percentagem efectivamente bem inferior, alguns dos questionados dos três grupos não consideraram os glúcidos energia química - classe D, e alguns dos professores estagiários e alunos do 1º ano evidenciaram a ideia de que os glúcidos, embora fonte de energia para a planta, são obtidos por esta a partir do exterior - classe C.

### **Questão 1.7. - Sais Minerais / Nutrientes**

No que diz respeito à relação entre sais minerais e nutrientes, foi possível estabelecer duas classes de concepções científicas - classes A e B, e seis classes de concepções alternativas - classes C, D, E, F, G e H.

A larga maioria das concepções científicas identificadas tem subjacente a ideia de que “os sais minerais são nutrientes” - classe B. É disso exemplo a frase: “*Os sais minerais são nutrientes que são absorvidos pelas plantas*”, da autoria de um dos professores estagiários.

Da variedade de concepções alternativas identificadas, as reunidas na classe E, “os sais minerais não são considerados nutrientes”, foram as únicas detectadas nos três grupos de questionados, através de considerações como a seguinte, de um aluno do 4º ano: “*Os sais minerais são necessários à planta bem como a absorção de nutrientes*”.

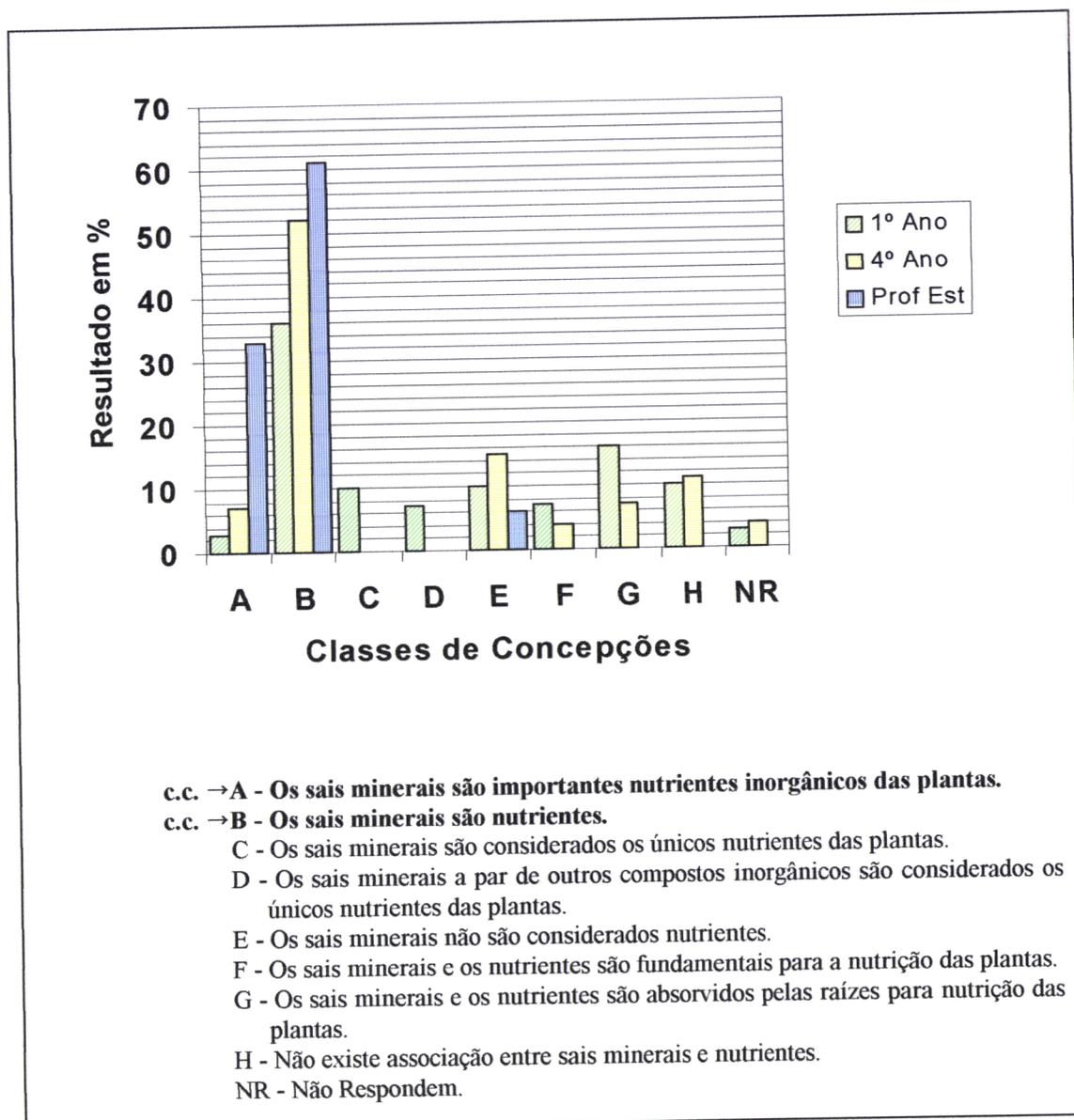


Figura 13 - *Classes de Concepções Referentes à Relação entre Sais Minerais e Nutrientes e Respectiva Distribuição dos Questionados.*

Quadro 13

*Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.7. - Parte I do Questionário*

| <i>Grupos de Questionados</i>   | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <i>Concepções Identificadas</i> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 12               | 40,0 | 16               | 61,5 | 17                | 94,4 |
| Concepções Alternativas         | 18               | 60,0 | 10               | 38,5 | 1                 | 5,6  |

Nesta questão, como o indica o Quadro 13, existem diferenças significativas entre os grupos de investigados, no que diz respeito à percentagem de concepções científicas e alternativas identificadas. Este facto é comprovado pelos resultados da aplicação do teste do Qui-quadrado global ( $\chi^2 = 14,00$ ,  $gl = 2$ ,  $\alpha = 0,05$ ) e pelos valores do teste do Qui-quadrado relativos à comparação entre os alunos do 1º ano e professores estagiários ( $\chi^2 = 11,76$ ,  $gl = 1$ ,  $\alpha = 0,05$ ) e entre os alunos do 4º ano e professores estagiários ( $\chi^2 = 4,51$ ,  $gl = 1$ ,  $\alpha = 0,05$ ), resultados estes que podem ser consultados no Anexo IV (Quadro 1). Embora nem sempre, e contrariamente às previsões, isso tenha acontecido, foram os professores estagiários a manifestar maioritariamente concepções científicas.

#### **Questão 1.8. - Luz / Clorofila**

Ao relacionarem os termos nucleares desta questão, os alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários manifestaram maioritariamente concepções científicas, com base nas quais construímos as classes A, B e C. Um grande número, sobretudo professores, considerou, em especial que: “a clorofila é responsável pela absorção da luz” - classe B, de que é bom exemplo a frase: “*A clorofila é um pigmento fotossintético especializado na absorção da luz*”, da autoria de um dos professores.

Apesar disso, foi ainda identificado um número não irrelevante de ideias alternativas às das concepções científicas, expressas na dificuldade que alguns dos questionados manifestaram em relacionar os dois termos da questão, por forma a explicar o modo como as plantas de nutrem, como aconteceu na frase: “*A acção da clorofila é afectada directamente pela presença ou ausência da luz*”, de um dos alunos do 4º ano.

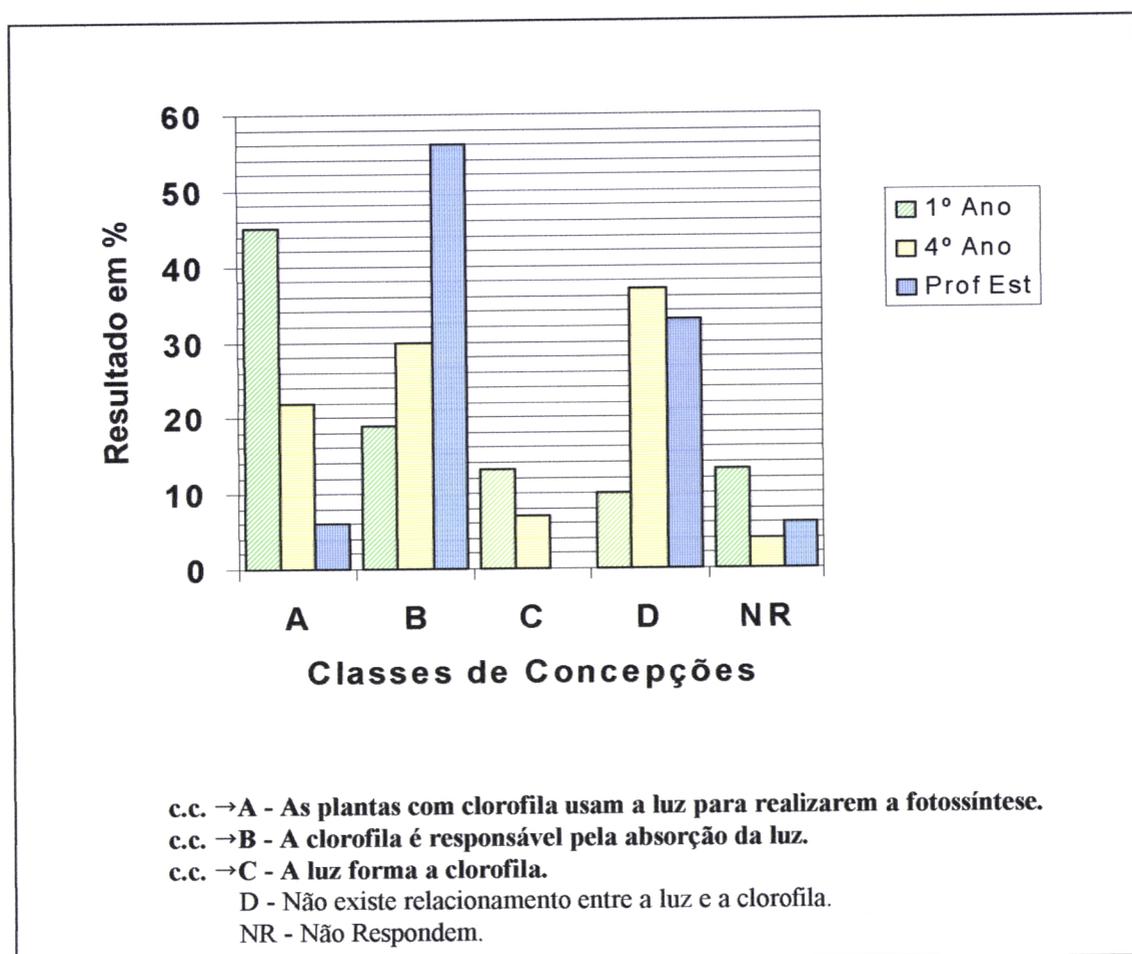


Figura 14 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Luz e Clorofila

Quadro 14

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.8. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 24               | 88,9 | 16               | 61,5 | 11                | 64,7 |
| Concepções Alternativas | 3                | 11,1 | 10               | 38,5 | 6                 | 35,3 |

A observação do Quadro 14 denota a existência de diferença considerável no que diz respeito à percentagem de concepções científicas e alternativas identificadas entre os grupos dos alunos do 1º e 4º anos a qual, aliás, provou ser significativa ( $\chi^2 = 3,98$ ,  $gl = 1$ ,  $\alpha = 0,05$ ) como se poderá verificar por consulta ao Anexo IV (Quadro 1). Evidenciaram, pois, mais concepções científicas os alunos do 1º ano

que os do 4º, quando o esperado seria o contrário, se, por exemplo, se tratasse de um estudo longitudinal.

### **Questão 1.9. - Solo / Raízes**

Como se pode observar na Figura 15, foram criadas, com base na identificação das concepções evidenciadas três classes de concepções científicas - classes A, B e C, e quatro classes de concepções alternativas - classes D, E, F e G.

A maioria dos alunos dos 1º e 4º anos manifestou a ideia cientificamente correcta de que “as raízes absorvem nutrientes inorgânicos do solo” - classe B. A frase, “*As plantas absorvem água e sais minerais do solo, com a ajuda das raízes*”, de um dos alunos do 1º ano, é a esse respeito ilustrativa.

Identificaram-se, mesmo assim, diversas concepções alternativas entre os questionados, mesmos entre os professores estagiários, quando afirmaram que “as raízes absorvem todos os nutrientes necessários à planta do solo” [os orgânicos e os inorgânicos] - classes E e F, como parece depreender-se de frases do tipo: “*No solo encontram-se os sais minerais e outros nutrientes que são “absorvidos” pelas raízes*”, de um dos professores estagiários.

Tal como vem sendo regra, não parecem, contudo, ter existido grandes diferenças entre os três grupos de questionados, relativamente à percentagem de concepções científicas e alternativas identificadas.

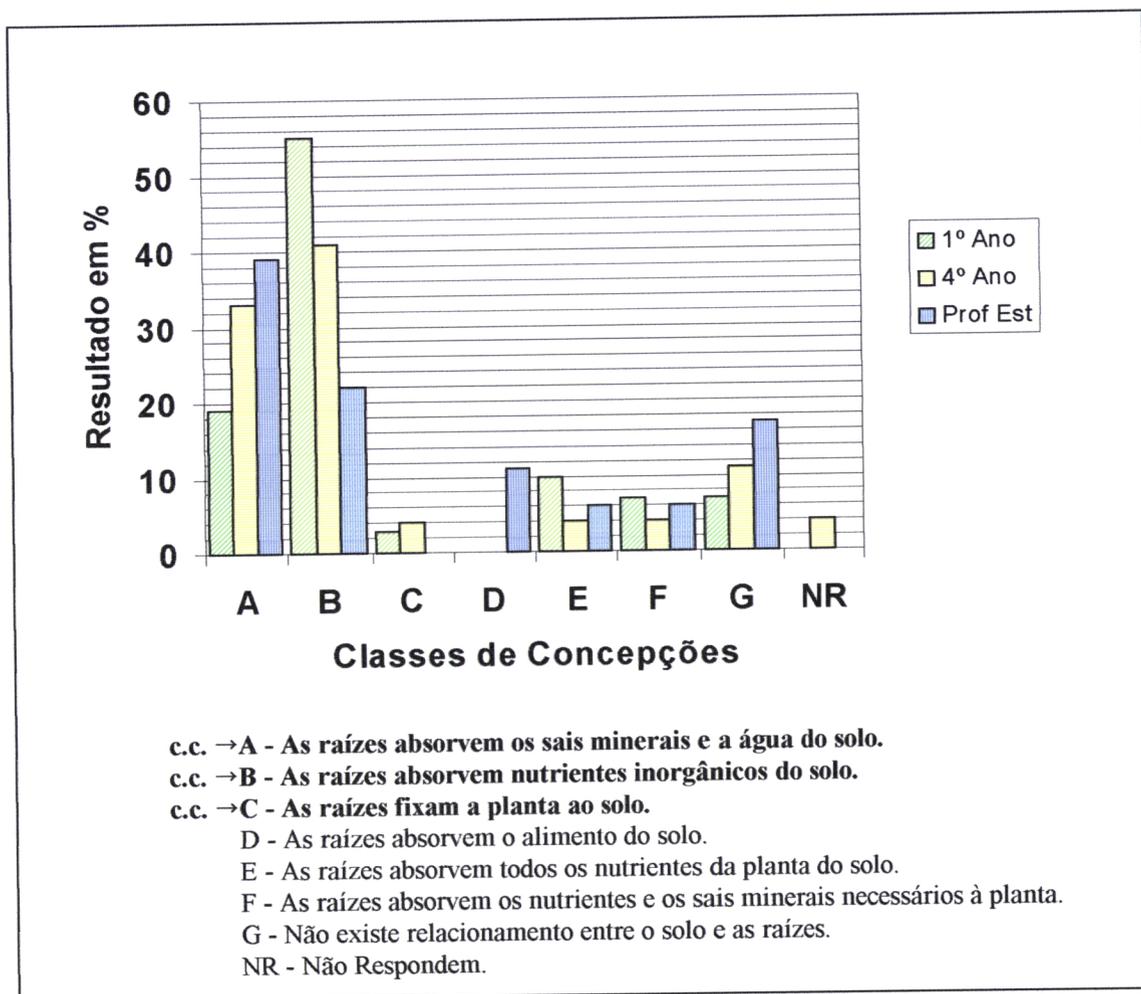


Figura 15 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Solo e Raízes

Quadro 15

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.9. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 24               | 77,4 | 21               | 80,8 | 11                | 61,1 |
| Concepções Alternativas         | 7                | 22,6 | 5                | 19,2 | 7                 | 38,9 |

**Questão 1.10. - Ar / Folhas**

Na relação estabelecida entre os termos ar e folhas, os investigados manifestaram uma grande diversidade de quantidade de concepções alternativas, efectivamente superior, nos três grupos, ao de concepções científicas. Foram assim construídas três classes de concepções científicas - classes A, B e C e quatro de alternativas - classes D, E, F e G.

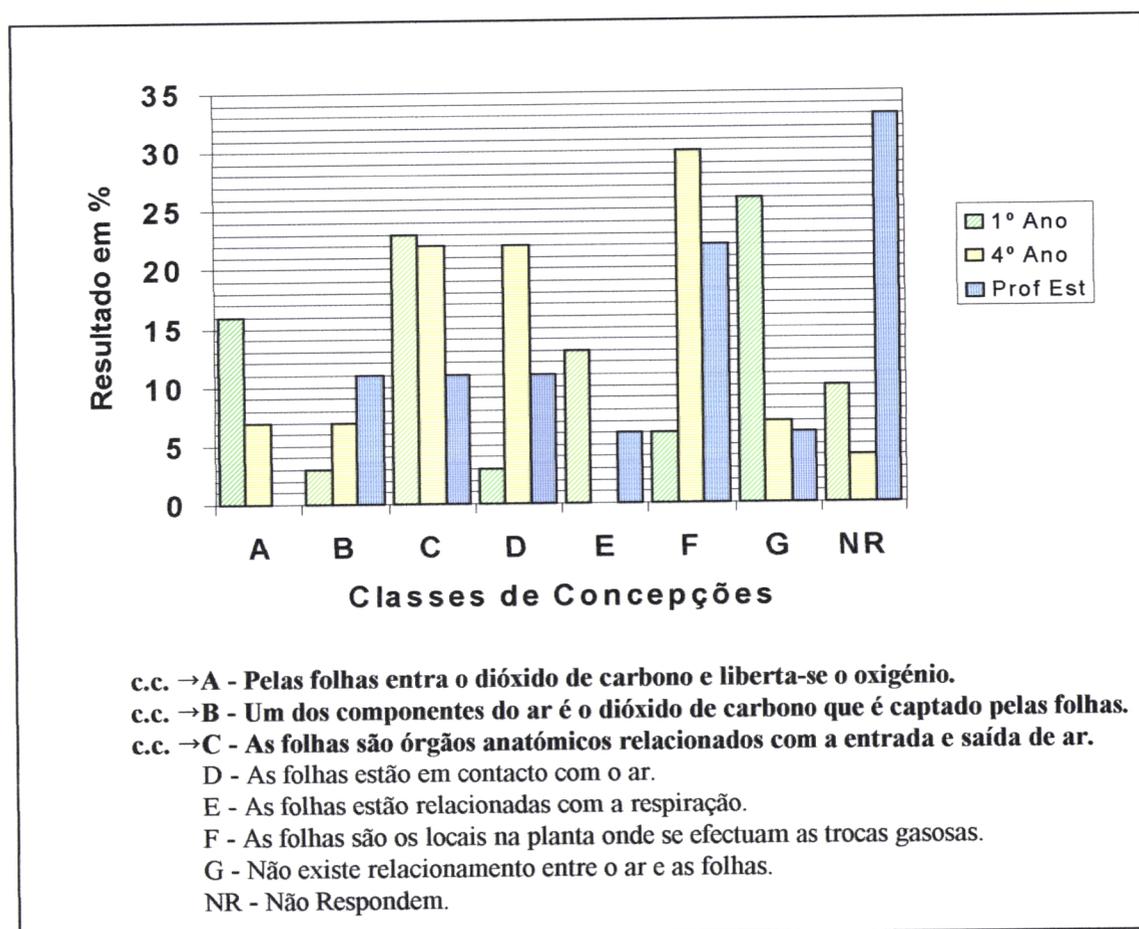


Figura 16 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Ar e Folhas

Quadro 16

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.10. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados   | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                          | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Identificadas |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas   | 13               | 46,4 | 10               | 38,5 | 4                 | 33,3 |
| Concepções Alternativas  | 15               | 53,6 | 16               | 61,5 | 8                 | 66,7 |

Curiosamente foram os alunos do 4º ano e os professores estagiários quem, em maior número, afirmaram que “as folhas são os locais na planta onde se efectuam as trocas gasosas” - classe F.

Por outro lado, foram os alunos do 1º ano os que tiveram maiores dificuldades em relacionar os termos da questão por forma a explicarem o modo como as plantas se nutrem, possivelmente por estarem mais habituados a associarem à fotossíntese gases e não ar, enquanto mistura gasosa.

A Figura 16 e o Quadro 16 dão-nos bem a indicação da diversidade e percentagem de concepções alternativas identificadas. Vê-se ainda que houve uma grande percentagem de professores estagiários que não responderam a esta questão, o que pode significar terem sentido dificuldades semelhantes às sentidas pelos alunos do 1º ano ao não associarem o ar à fotossíntese.

### **Questão 1.11. - Raízes / Folhas**

No que diz respeito a esta questão e à semelhança com o que aconteceu na questão anterior, os alunos dos 1º e 4º anos e os professores estagiários manifestaram mais concepções alternativas que científicas (Figura 17), o que nos levou a construir as classes de concepções alternativas C, D, E, F e G, e as classes A e B referentes a concepções científicas.

Parece inquestionável ter havido grande dificuldade em relacionar cientificamente os termos, sobretudo, por parte curiosamente, dos alunos do 4º ano e por parte dos professores estagiários - classe G, mas acaba por se identificar um grande número de concepções alternativas relacionadas com as ideias de que “as raízes absorvem os nutrientes para as folhas” - classe E, e “as raízes e as folhas são identificadas como órgãos que absorvem de algum modo os nutrientes ou o alimento das plantas” - classe D. São disso exemplo as seguintes frases: “*As raí-*

zes absorvem produtos que são transportados para as folhas” e “As raízes e as folhas são duas estruturas da planta para captar e absorver nutrientes”, de dois alunos dos 1º e 4º anos, respectivamente.

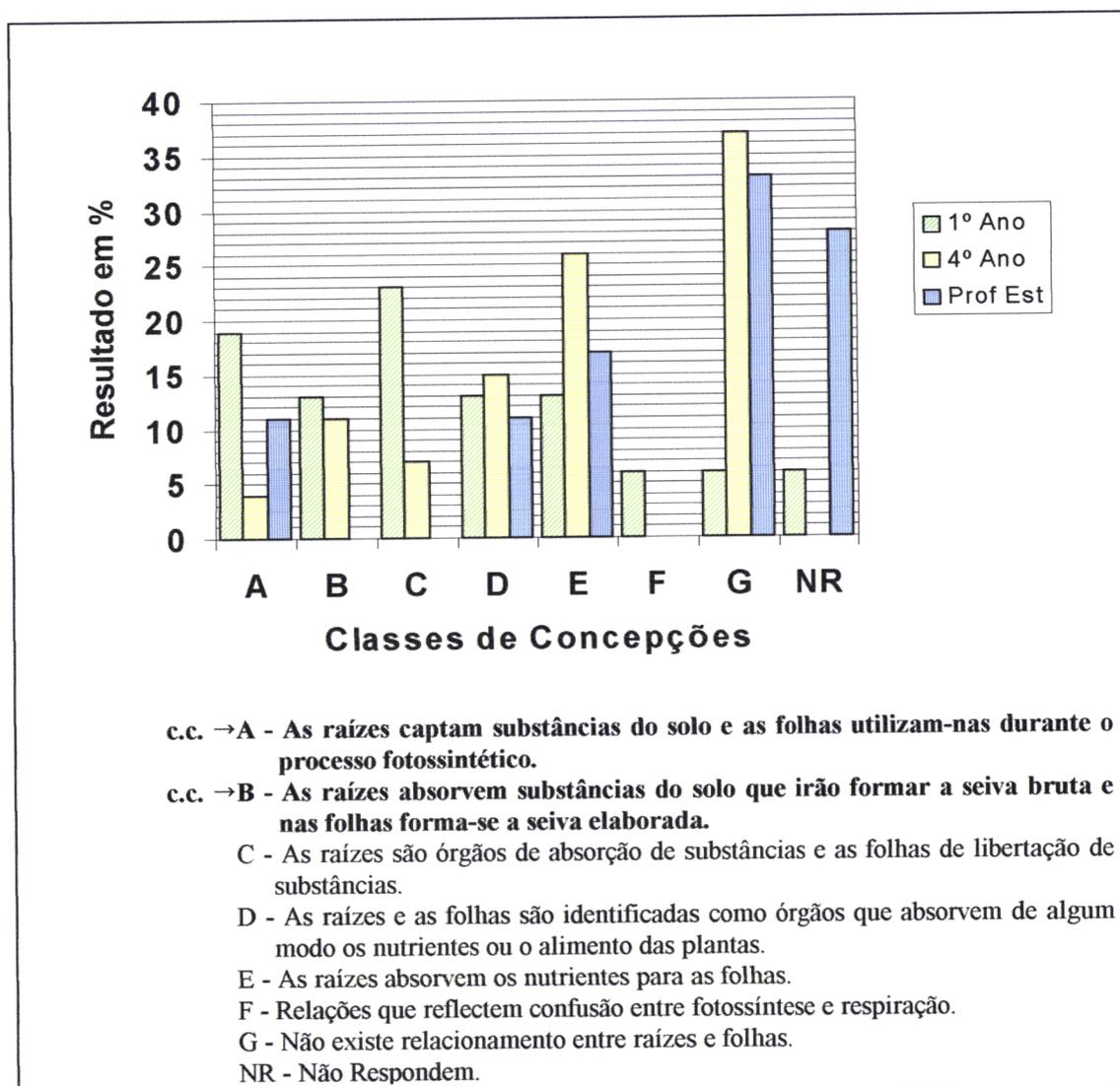


Figura 17 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Raízes e Folhas

Quadro 17

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.11. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 10               | 34,5 | 4                | 14,8 | 2                 | 15,4 |
| Concepções Alternativas         | 19               | 65,5 | 23               | 85,2 | 11                | 84,6 |

A análise do Quadro 17 confirma a elevada percentagem de concepções alternativas identificadas nos três grupos, quando comparada com a percentagem de concepções científicas, sendo de notar a elevada expressão que tal evidência assume em questionados onde, supostamente, tal não seria tanto de esperar.

**Questão 1.12. - *Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)***

Nesta questão, era dada a possibilidade aos questionados de relacionarem um ou mais pares de termos à sua escolha, no sentido de explicarem, através do relacionamento proposto, o modo como as plantas se nutrem.

Como se pode facilmente concluir da observação da Figura 18, só alguns dos alunos dos 1º e 4º anos responderam.

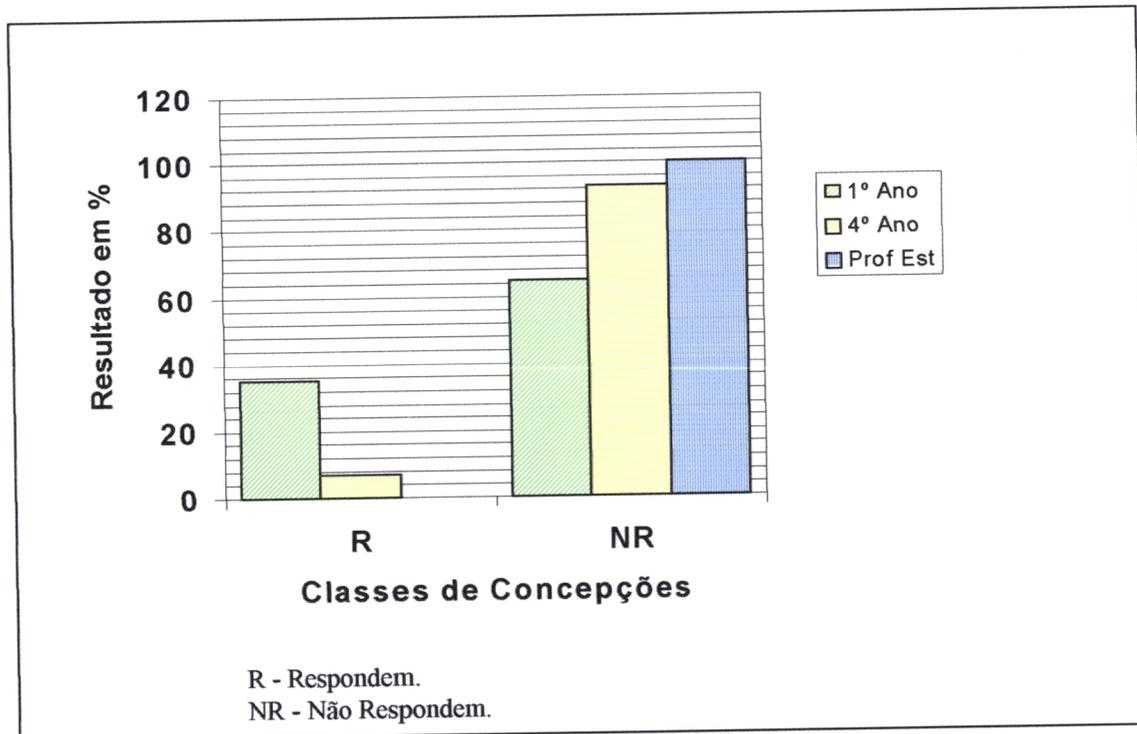


Figura 18 - *Distribuição dos Questionados Relativamente ao Ponto 1.12. - Parte I do Questionário - “Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)”*

Como exemplo, podemos apresentar a seguinte frase, onde um dos alunos do 1º ano procurou relacionar os termos *cloroplastos* e *clorofila*, manifestando uma concepção cientificamente válida: “*Os cloroplastos possuem clorofila substância responsável pela absorção da luz*”.

### **Questão 2.1. - A Fotossíntese é ...**

Nesta primeira questão do ponto dois da Parte I do questionário, era solicitado aos investigados que seleccionassem a opção que estivesse mais de acordo com as suas ideias, por forma a completarem a frase incompleta fornecida, nunca perdendo de vista o modo como as plantas se nutrem. Podemos concluir com base na Figura 19, que a maioria dos investigados, com particular evidência nos professores estagiários, seleccionou a segunda opção: “o processo pelo qual a planta sintetiza nutrientes”, cientificamente correcta.

Registou-se, no entanto, e especialmente por parte dos alunos do 1º ano (metade) a escolha de outras opções, indicação das suas várias concepções alternativas, também presentes, ainda com que menor expressão, nos outros dois grupos.

Do Quadro 18, pode retirar-se a informação de que foram os professores estagiários os investigados que em maior percentagem manifestam a concepção científica, como aliás seria teoricamente previsível. Apesar disso, não foram detectadas diferenças realmente significativas entre os três grupos, como o ilustra a evidência presente no Quadro 1, do Anexo IV.

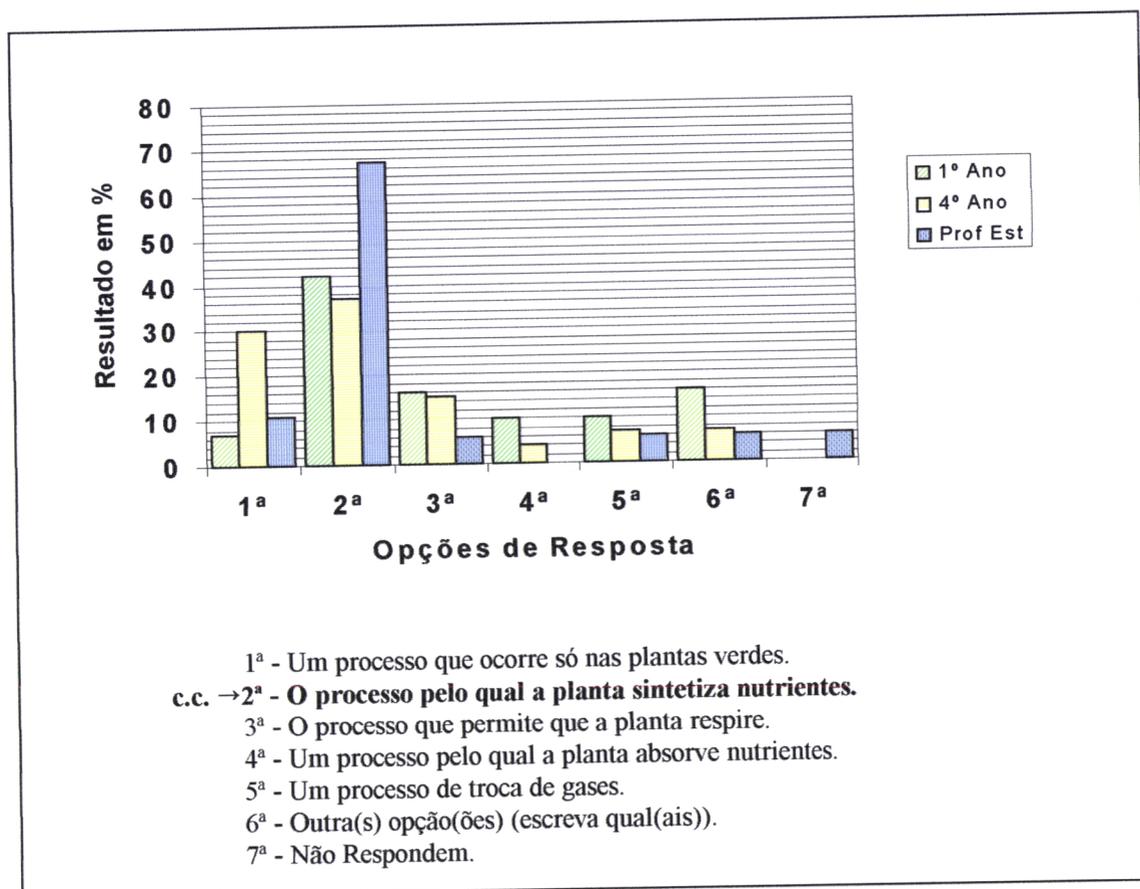


Figura 19 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Fotosíntese é ...”

Quadro 18

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.1. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 13               | 50,0 | 10               | 40,0 | 12                | 75,0 |
| Concepções Alternativas         | 13               | 50,0 | 15               | 60,0 | 4                 | 25,0 |

**Questão 2.2. - A Fonte de Energia que Permite às Plantas Crescerem ...**

Para completar esta frase incompleta, a maioria dos questionados do 4º ano e professores estagiários escolheu a terceira opção: “são os compostos orgânicos que as plantas sintetizam”, aliás, de acordo com a perspectiva científica. Apesar disso, muitos deles escolheram a quarta opção: “são os nutrientes que absorvem do meio”, que é ilustrativa de uma concepção alternativa, aparentemente bem enraizada, nos três grupos.

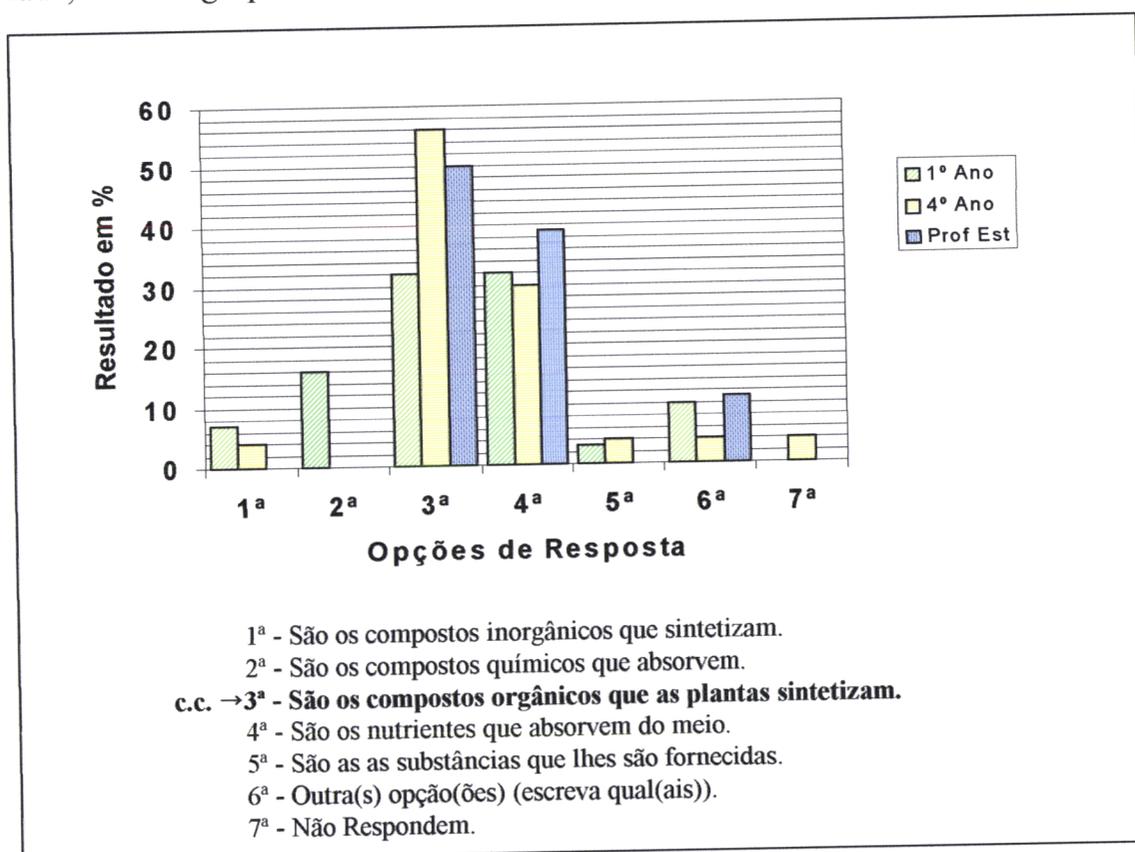


Figura 20 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Fonte de Energia que Permite às Plantas Crescerem ...”

Quadro 19

*Concepções Identificadas por Amostra*

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 10               | 35,7 | 15               | 60,0 | 9                 | 56,3 |
| Concepções Alternativas | 18               | 64,3 | 10               | 40,0 | 7                 | 43,7 |

Efectivamente, analisando a Figura 20 e o Quadro 19, pode concluir-se que foram os alunos do 1º ano os que mais escolheram opções relacionadas com a concepções alternativas; não se registando, no entanto, e de novo, diferenças significativas a esse respeito.

### **Questão 2.3. - *A Planta Nutre-se ...***

Observando a Figura 21, facilmente se pode inferir que nesta questão quase todos os questionados escolheram as quarta e quinta opções relacionadas com concepções cientificamente correctas, não tendo, inclusivamente, nenhum aluno do 1º ano escolhido opções relacionadas com concepções alternativas, e só dois alunos do 4º ano e um professor estagiário o terem feito (Quadro 20).

Esta questão é um bom exemplo de uma das alterações que tivemos de fazer ao que inicialmente tínhamos previsto. De facto, de início pensámos só considerar a quarta opção: “através de algum compostos químicos sintetizados”, como a que estaria de acordo com o que é cientificamente considerado correcto. Todavia, atendendo a que o termo nutrientes também abrange em termos biológicos os nutrientes inorgânicos, resolvemos alargar o âmbito das respostas válidas sob o ponto de vista científico, obviamente no quadro das perspectivas actuais nesse domínio.

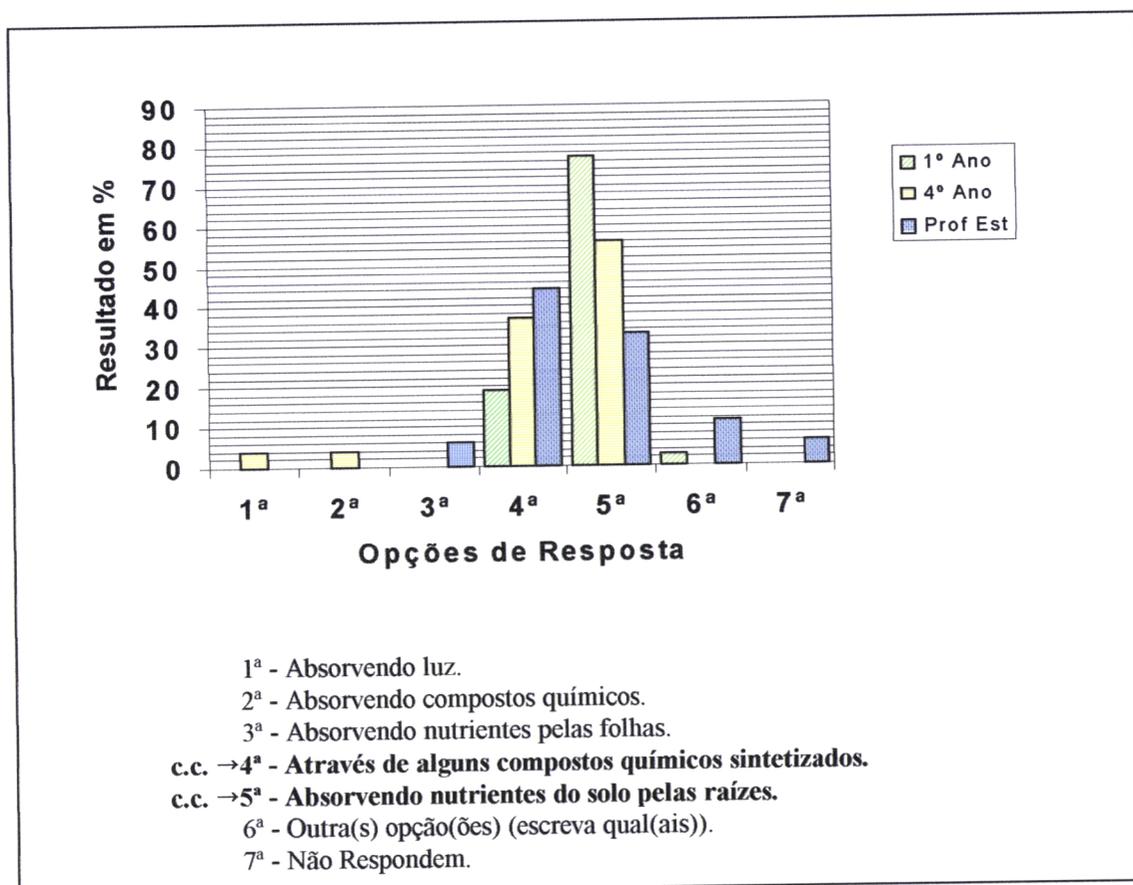


Figura 21 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Planta Nutre-se ...”

Quadro 20

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.3. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados   | Alunos do 1º Ano |       | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------|------------------|-------|------------------|------|-------------------|------|
|                          | N.º              | %     | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Identificadas |                  |       |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas   | 30               | 100,0 | 25               | 92,6 | 14                | 93,3 |
| Concepções Alternativas  | 0                | 0,0   | 2                | 7,4  | 1                 | 6,7  |

**Questão 2.4. - O(s) Nutriente(s) da Planta é(são) ...**

Relativamente a esta questão, era dada aos investigados a possibilidade de seleccionarem uma ou mais opções de resposta.

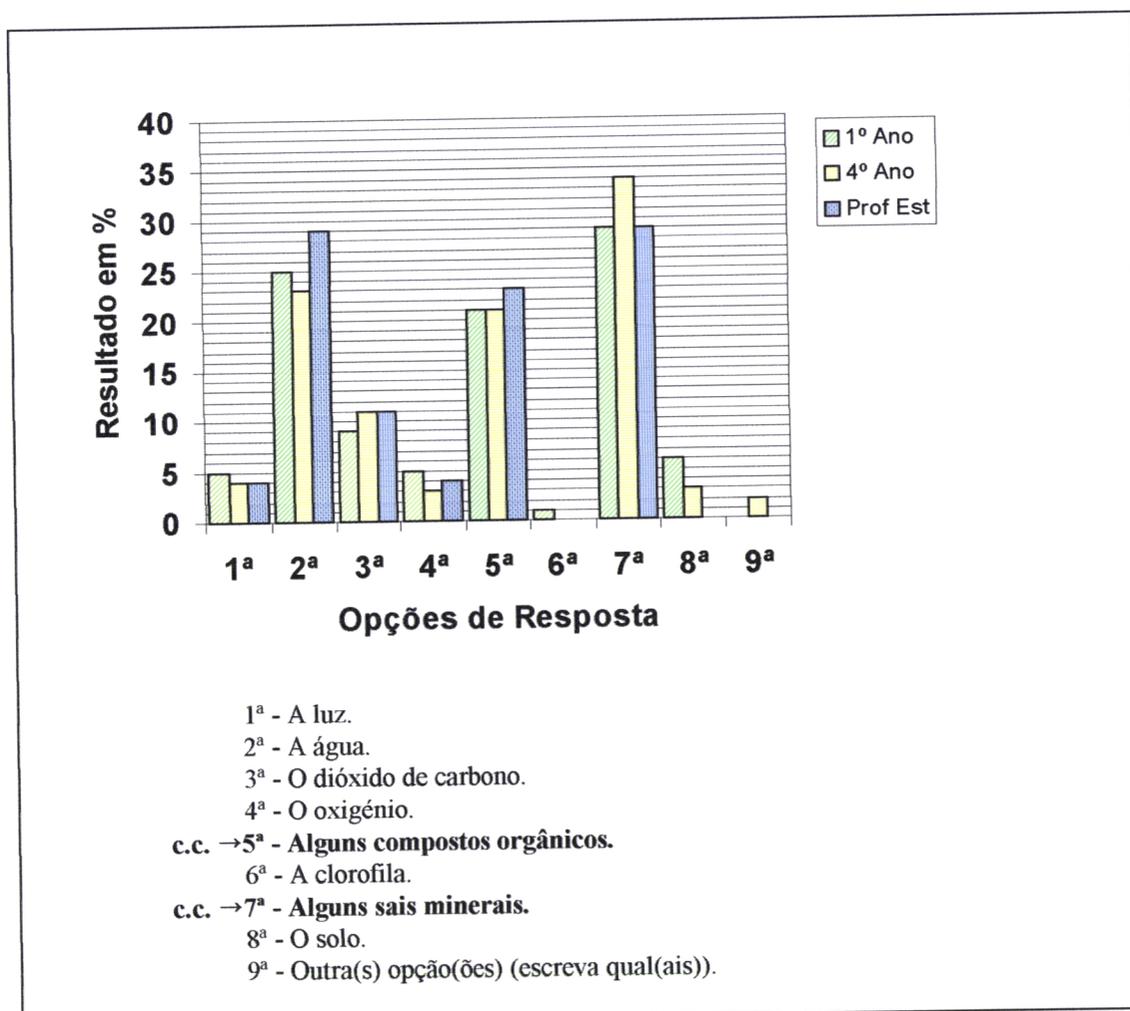


Figura 22 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção ou Opções que Melhor se Ajuste(m) à Afirmação Incompleta - O(s) Nutriente(s) da Planta é(são) ...”

Quadro 21

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.4. - Parte I do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 43               | 49,4 | 40               | 54,8 | 25                | 52,1 |
| Concepções Alternativas | 44               | 50,6 | 33               | 45,2 | 23                | 47,9 |

Como se pode verificar na Figura 22, os investigados, embora tivessem na sua maioria escolhido as quinta e sétima opções, relativas a concepções científicas, também não deixaram de escolher outras opções, mais de acordo com concepções alternativas.

Não deixa de ser curiosa a opção feita pela água e pelo dióxido de carbono (segunda e terceira opções), por parte de muitos dos investigados. A escolha da água talvez se possa relacionar com o facto de também a poderem ter considerado um nutriente mineral para a planta. Seria um aspecto a aprofundar caso estes questionados tivessem sido entrevistados.

Do Quadro 21, ressalta a percentagem quase equivalente de alunos do 1º ano que escolheram opções de acordo com as concepções científicas e os que escolheram opções de acordo com as concepções alternativas.

### ***Questão 3. - Mapas de Conceitos: A Nutrição das Plantas***

Os mapas de conceitos construídos pelos alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários sobre a Nutrição das Plantas foram analisados tendo por base o Instrumento para Análise dos Mapas de Conceitos por nós construído para o efeito (Anexo V), conforme descrição já feita no Capítulo 3 - ponto 3.2.1.4, Organização e Análise dos Dados.

Assim, os dados recolhidos com base na análise realizada foram organizados nos Quadros-síntese 1, 2 e 3, referentes respectivamente aos alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários (Anexo V) e no gráfico da Figura 23.

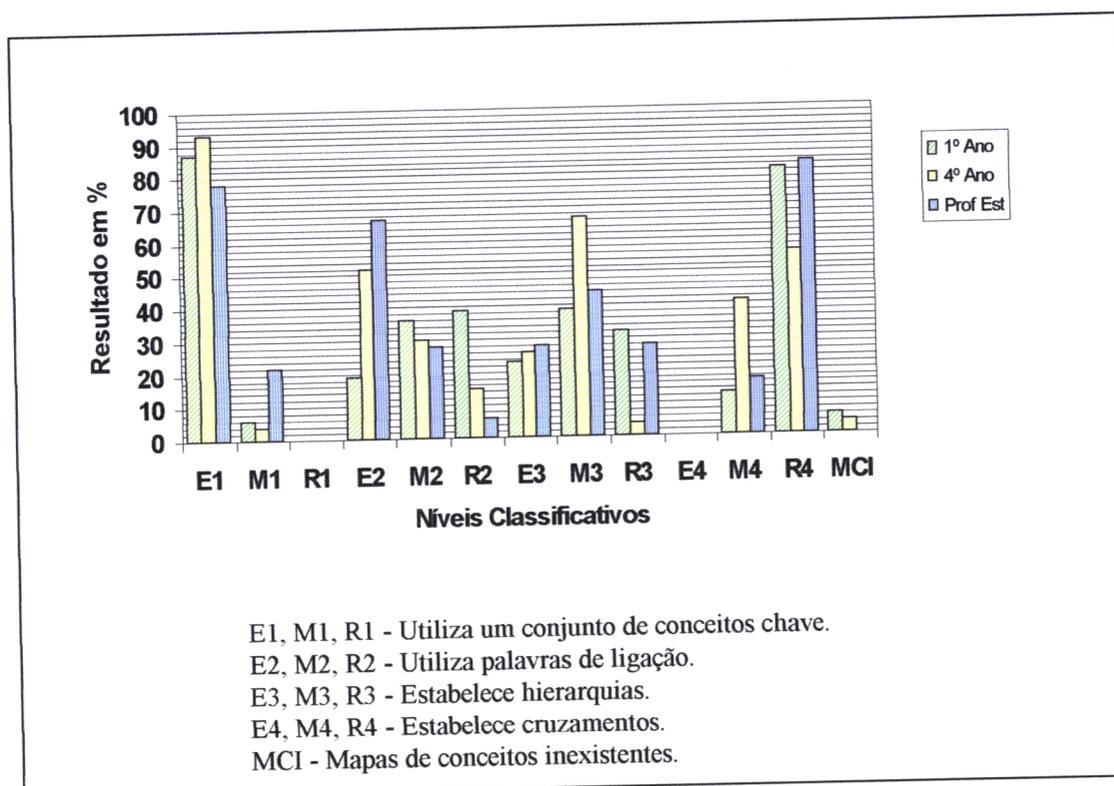


Figura 23 - Distribuição dos Questionados pelas Três Categorias (Nível Elevado, Nível Médio e Nível Reduzido) de Análise dos Mapas de Conceitos Referentes à Nutrição das Plantas

Da observação atenta do referido gráfico, pode verificar-se que, relativamente à **utilização de um conjunto de conceitos chave**, a grande maioria dos questionados dos três grupos conseguiu, com um nível elevado (E1), seleccionar um número adequado de conceitos chave para elaborar o seu mapa de conceitos. Apenas alguns o fizeram de uma forma média (M1) e não se registaram questionados que não tivessem conseguido utilizar um conjunto de conceitos chave adequados.

No que diz respeito à **utilização de palavras de ligação**, de modo a formar proposições, pode concluir-se que os alunos do 1º ano manifestaram mais dificuldades e também um maior número de concepções alternativas que os alunos do 4º ano e os professores estagiários. Assim, os alunos do 1º ano tiveram maioritariamente, neste aspecto, um desempenho reduzido/médio (R2 e M2), enquanto que os do 4º ano e os professores estagiários manifestaram um desempenho mé-

dio/elevado (M2 e E2), conforme também o ilustram os valores dos Quadros 1, 2 e 3 do Anexo V.

Relativamente ao modo como os investigados **estabeleceram hierarquias entre os conceitos**, facilmente se conclui que, na sua maioria, o fizeram de forma média (M3), como parece bem evidente nos alunos do 4º ano, havendo, no entanto, entre eles quem o tivesse feito de modo elevado (E3), e quem o tivesse feito de modo reduzido (R3), maioritariamente alunos do 1º ano e professores estagiários (Anexo V).

Por fim, e no que se relaciona com o **estabelecimento de cruzamentos entre os conceitos**, registaram-se grandes dificuldades por parte de quase todos os alunos e professores, sendo grande o número de reduzidos (R4) registados neste parâmetro. Efectivamente, não se registaram situações de elevado (E4), havendo alguns médios (M4), mais entre os alunos do 4º ano.

Vale a pena ainda salientar que, com base nos resultados da aplicação da ANOVA (Anexo VI - Quadro 1), foi possível detectar que o desempenho dos questionados, dos três grupos, na elaboração dos mapas de conceitos foi significativamente diferente, especialmente, como já o tínhamos denunciado, ao nível da utilização de palavras de ligação, mas também, e apesar dos resultados semelhantes ao nível do estabelecimento de cruzamentos, entre conceitos pertencentes a partes diferentes dos mapas de conceitos.

Com base na aplicação do teste de Bonferroni, foi possível concluir que, ao nível da utilização de palavras de ligação, terão sido os professores estagiários quem conseguiu melhores desempenhos e que no estabelecimento de cruzamentos entre os conceitos isso aconteceu mais com os alunos do 4º ano. Como exemplo, apresenta-se, de seguida, um mapa de conceitos elaborado por um dos alunos do 4º ano.

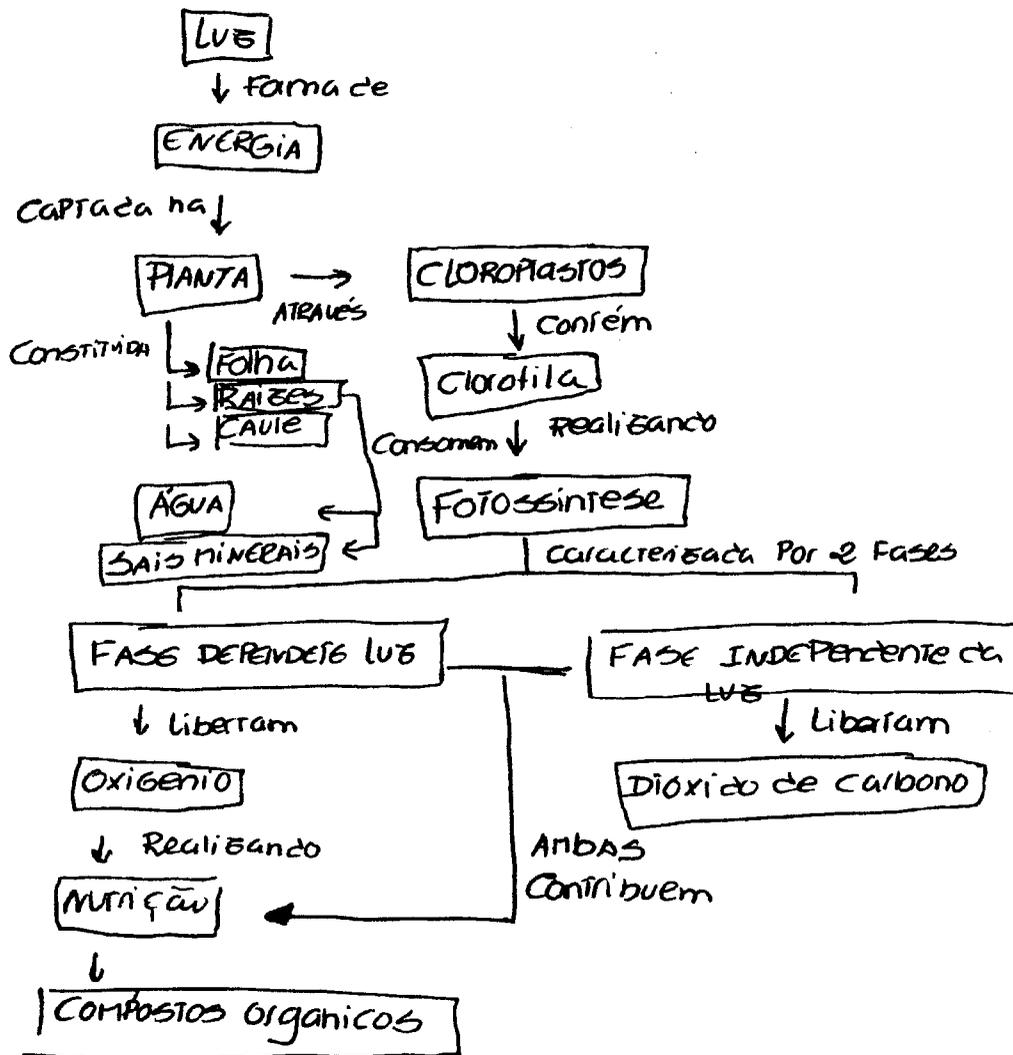


Figura 24 - Mapa de Conceitos Elaborado por um Aluno do 4º Ano

Foi, em síntese, neste mapa de conceitos, possível identificar um nível tendencialmente elevado de utilização de conceitos chave, de palavras de ligação, do estabelecimento de hierarquias, mas um nível reduzido de cruzamentos entre conceitos pertencentes a partes diferentes do mapa de conceitos. Foi também possível identificar concepções científicas como, por exemplo, “A planta capta a energia solar” ou “Os cloroplastos contêm clorofila”, mas também algumas concepções alternativas como, por exemplo, “Na fase independente da luz [as plantas] libertam dióxido de carbono”.

## 4.1.2. Resultados e Análise do Questionário - Parte II:

### Respiração das Plantas

#### Questão 1.1. - *Respiração / Planta*

No que diz respeito à relação entre os termos respiração e planta, foi possível identificar nos alunos dos 1º e 4º anos e nos professores estagiários concepções científicas que nos levaram a construir as classes A, B e C. Pode afirmar-se que a maioria dos questionados, especialmente do 4º ano, manifestou ideias de acordo com concepções científicas, inseridas sobretudo na classe B: “a respiração é um processo vital que ocorre nas plantas” (Figura 25).

As classe D, E, F e G ilustradas na Figura 25 correspondem a concepções alternativas, sobretudo relacionadas com as ideias de: “a respiração é um fenómeno que ocorre principalmente nas folhas da planta” - classe D, e com “relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese” - classe F. São disso exemplo as frases: “*Na respiração as folhas são os órgãos principais da planta*” e “*Na fase independente da luz as plantas realizam a respiração*” de um aluno do 1º ano e de um professor estagiário, respectivamente.

Do Quadro 22, e como antes já se deu a entender, pode inferir-se que foram os alunos do 4º ano que terão manifestado menos concepções alternativas. Os alunos do 1º ano e os professores estagiários manifestaram um percentagem relativamente próxima de concepções científicas e alternativas, não se registando, contudo, diferenças significativas nos três grupos de questionados.

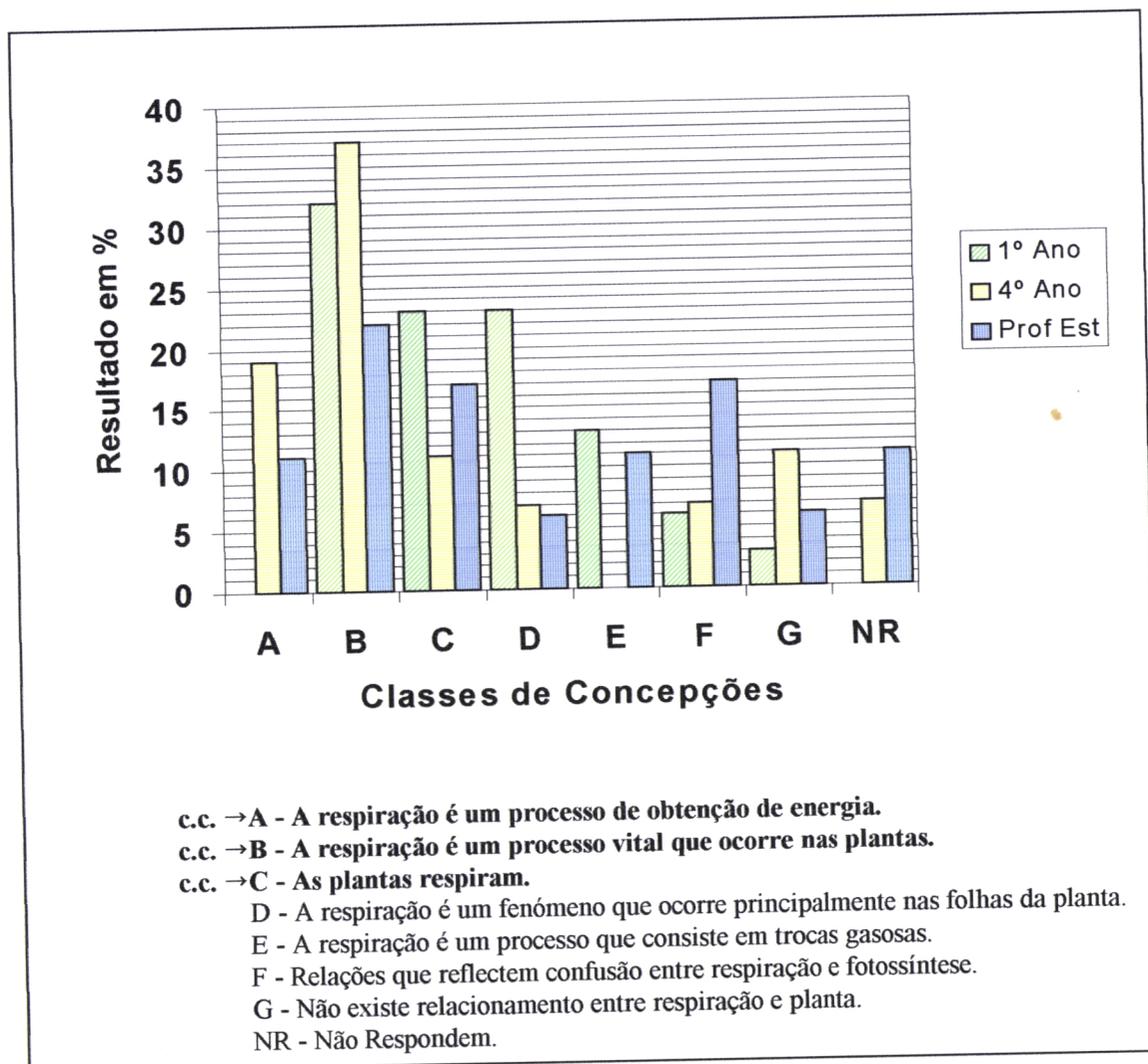


Figura 25 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Planta

Quadro 22

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.1. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 17               | 54,8 | 18               | 72,0 | 9                 | 56,3 |
| Concepções Alternativas         | 14               | 45,2 | 7                | 28,0 | 7                 | 43,7 |

Questão 1.2. - Célula / Respiração

Analisando a Figura 26, é possível constatar que, ao terem relacionado os termos desta questão, os investigados evidenciaram uma série de concepções científicas e alternativas, a partir das quais se julgou pertinente considerar as classes de con-

cepções A, B, C, D e E, para os casos das concepções científicas, e as classes F, G, H e I, para as concepções alternativas.

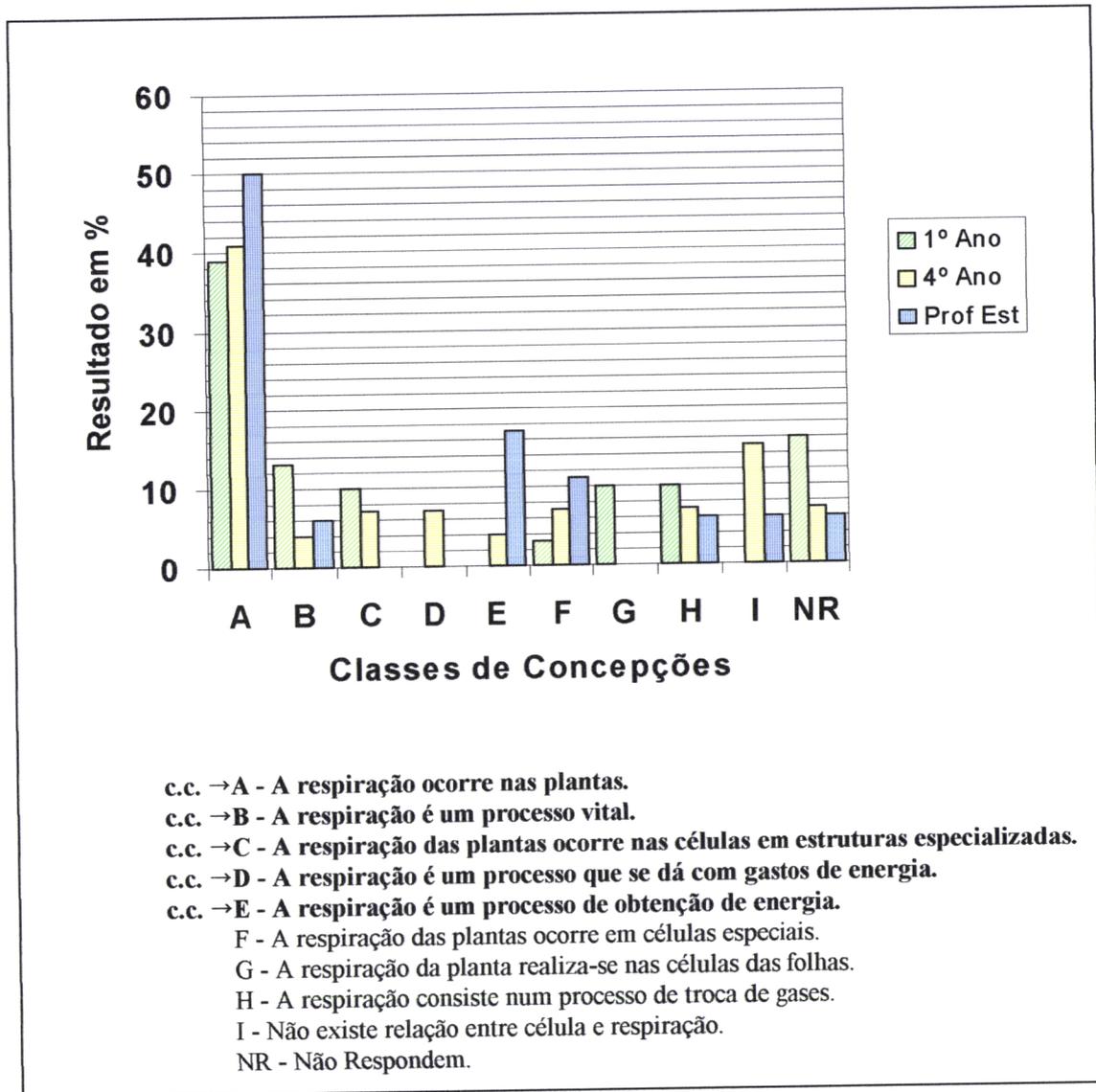


Figura 26 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Célula e Respiração

Quadro 23

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.2. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 19               | 73,1 | 17               | 68,0 | 13                | 76,5 |
| Concepções Alternativas         | 7                | 26,9 | 8                | 32,0 | 4                 | 23,5 |

A grande maioria dos investigados tendem, inequivocamente, a considerar que “a respiração ocorre nas plantas” - classe A. No entanto, alguns parecem pensar que “a respiração das plantas ocorre em células especiais” - classe F, como o evidencia a seguinte frase de um professor estagiário: “*A respiração ocorre ao nível de células específicas*”. Alguns dos investigados pensam mesmo que “a respiração consiste num processo de troca de gases” - classe H.

### **Questão 1.3. - *Respiração / Energia***

Para este caso, conseguiu-se identificar concepções científicas nos questionados que nos levaram à construção das classes de concepções A e B. A grande maioria dos alunos e dos professores de facto ou entendia que “a respiração é um processo de obtenção de energia” - classe A, ou que “para que ocorra a respiração é necessário energia” - classe B.

Apesar dessa tendência para responder de acordo com os critérios científicos, foi possível considerar, ainda, algumas concepções alternativas, configuradas pelas classes C, D e E. Na classe D, englobámos ideias relacionadas com o entendimento de que “a respiração é um processo de captação e libertação de energia”. Esta ideia foi identificada em percentagem equivalente em alunos do 4º ano e professores estagiários.

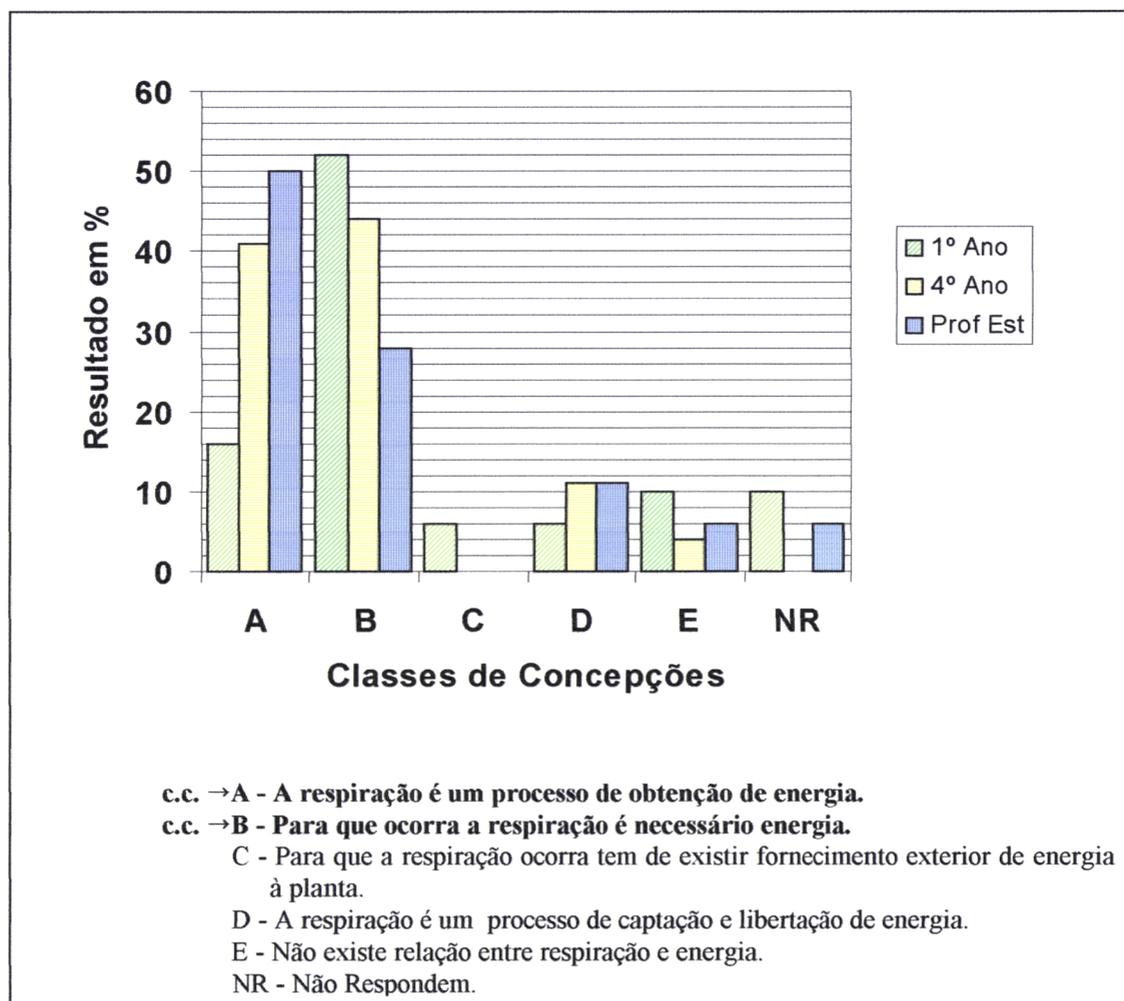


Figura 27 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Energia

Quadro 24

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.3. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 21               | 75,0 | 23               | 85,2 | 14                | 82,4 |
| Concepções Alternativas | 7                | 25,0 | 4                | 14,8 | 3                 | 17,6 |

#### Questão 1.4. - Trocas Gasosas / Respiração

Relativamente aos termos trocas gasosas e respiração, e de acordo com a Figura 28, foram construídas três classes de concepções científicas, classes A, B e C e duas classes de concepções alternativas, classes D e E. Os questionados do 4º ano e os professores estagiários manifestaram essencialmente ideias de acordo com a concepção consubstanciada na classe C, como se pode facilmente depreender da frase: *“Durante a respiração processam-se trocas gasosas entre CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>”* e ideias que consideram a respiração como um processo de trocas gasosas, classe D, esta mais adoptada por alunos do 1º ano. É disso exemplo a seguinte frase de um aluno do 1º ano: *“A respiração das plantas corresponde a um processo de troca de gases (oxigénio e dióxido de carbono)”*.

Da análise do Quadro 25 concluímos que os alunos do 1º ano manifestaram com maior frequência concepções alternativas que científicas, ao contrário dos outros grupos de questionados. A diferença parece ser significativa e esse facto é confirmado pelos valores do teste do Qui-quadrado global ( $\chi^2 = 7,17$ , gl = 2,  $\alpha = 0,05$ ) e pelo valor do mesmo teste correspondente à comparação entre alunos dos 1º e 4º anos ( $\chi^2 = 5,39$ , gl = 1,  $\alpha = 0,05$ ), conforme os dados do Anexo IV (Quadro 2).

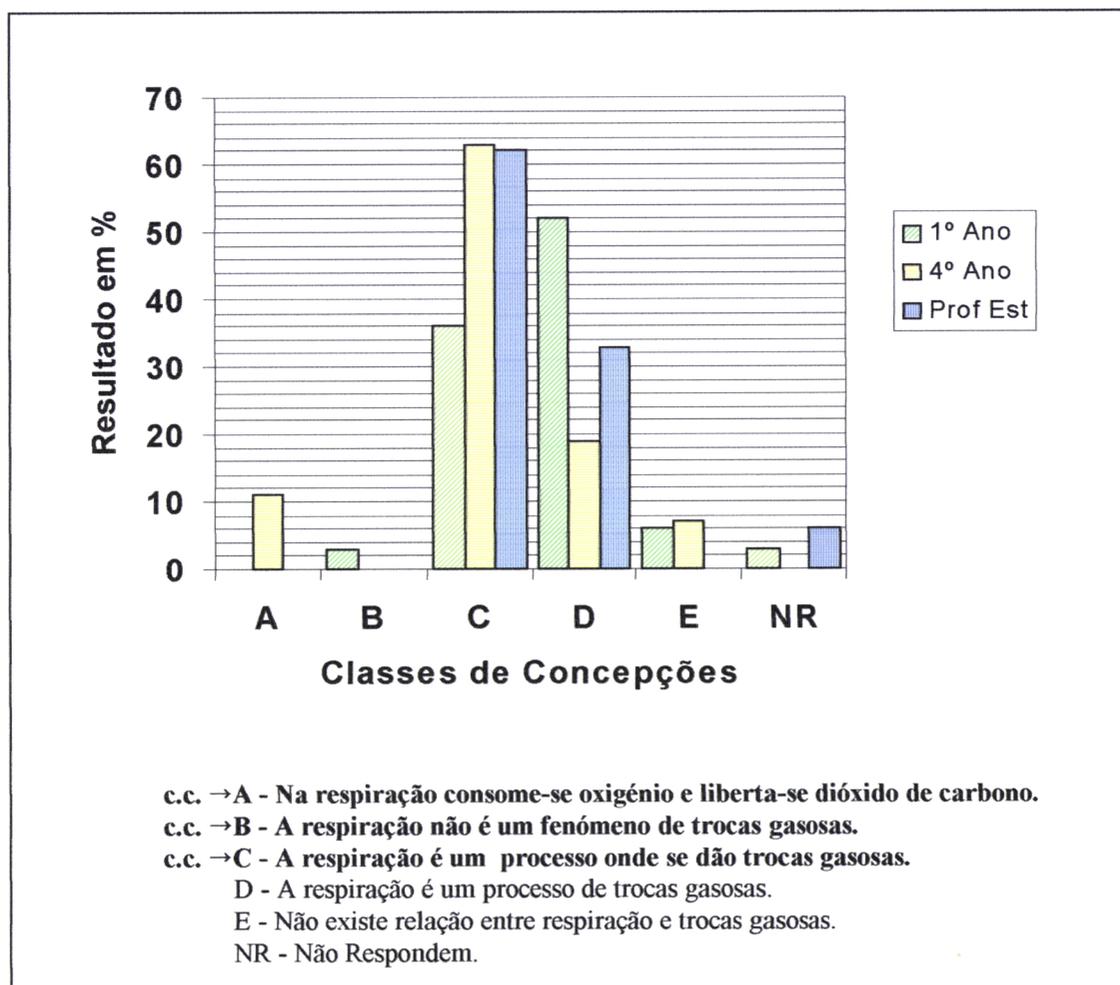


Figura 28 - *Classes de Concepções Referentes à Relação entre Trocas Gasosas e Respiração*

Quadro 25

*Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.4. - Parte II do Questionário*

| <i>Grupos de Questionados</i>  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <i>Concepções Científicas</i>  | 12               | 40,0 | 20               | 74,0 | 11                | 65,0 |
| <i>Concepções Alternativas</i> | 18               | 60,0 | 7                | 26,0 | 6                 | 35,0 |

**Questão 1.5. - Respiração / Folhas**

No que diz respeito aos termos a relacionar nesta questão, quer os alunos e quer os professores manifestaram um número claramente superior de concepções alternativas que de concepções científicas. Não se verificando, neste âmbito, diferenças significativas. Na Figura 29, encontra-se ilustrada a única classe de concepções científicas constituída - classe A, bem como as cinco classes de concepções alternativas consideradas - classes B, C, D, E e F.

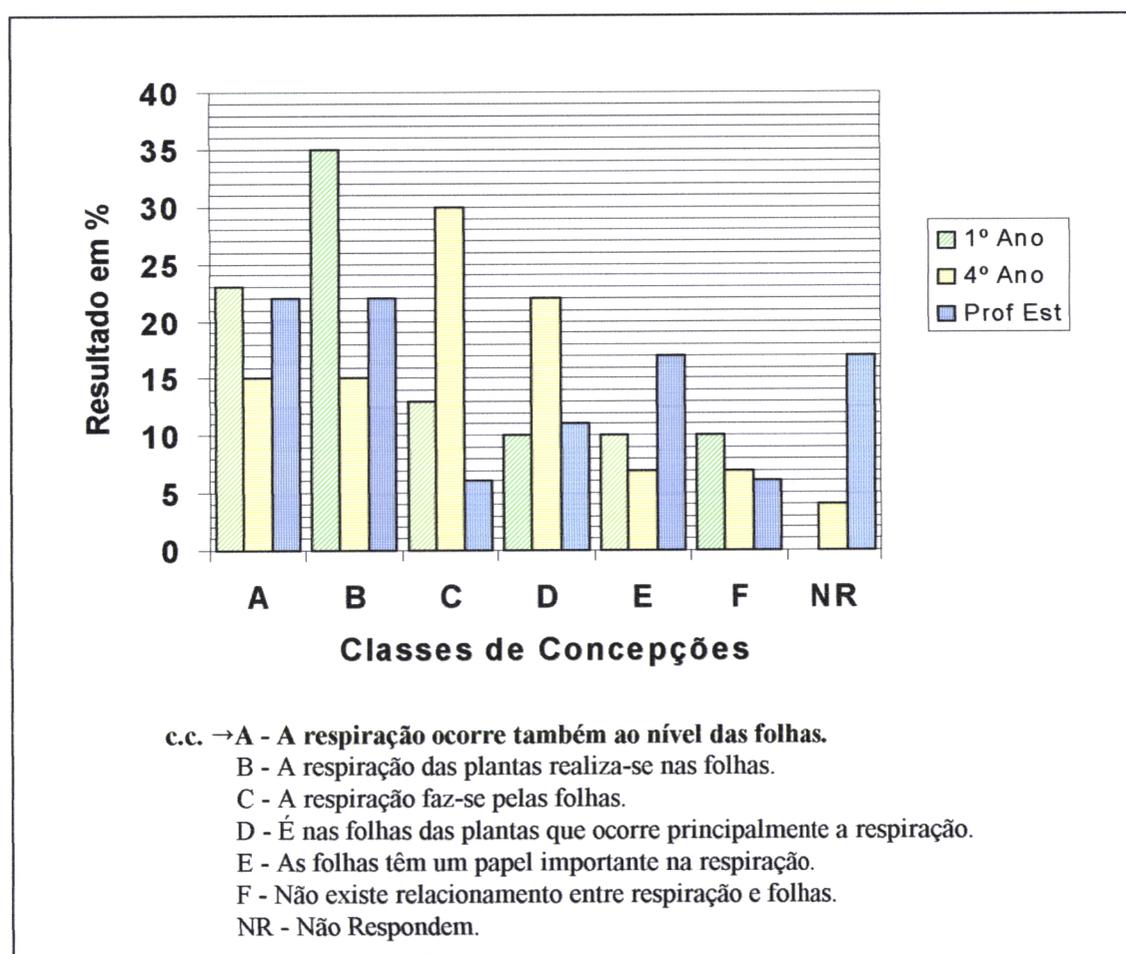


Figura 29 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Folhas

Quadro 26

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.5. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 7                | 22,6 | 4                | 15,4 | 4                 | 26,7 |
| Concepções Alternativas | 24               | 77,4 | 22               | 84,6 | 11                | 73,3 |

Um grande número de questionados, sobretudo alunos do 1º ano, parece estar convencido que “a respiração das plantas realiza-se nas folhas” (classe B). Existe também um elevado número de questionados que pensa que “é nas folhas das plantas que ocorre principalmente a respiração” (classe D), como deixa transparecer a seguinte frase de um dos alunos do 4º ano: *“A respiração ocorre não só em toda a planta, mas essencialmente nas folhas”*

### **Questão 1.6. - Ar / Estomas**

No que se refere à relação entre ar e estomas, julgámos pertinente formar quatro classes de concepções científicas - classes A, B, C e D, e três classes de concepções alternativas - classes E, F e G, conforme o que se encontra representado na Figura 30.

A grande maioria dos questionados manifestou ideias mais de acordo com as concepções científicas configuradas nas classes A, B e C. Assim, parece não haver dúvidas para grande parte dos questionados, particularmente alunos do 1º ano, que “a entrada e saída de ar na planta é controlada pelos estomas” (classe A).

No entanto, existe um número ainda considerável de questionados nos quais foram identificadas concepções alternativas e também dificuldades em relacionar os termos por forma a explicar o modo como se realiza a respiração nas plantas.

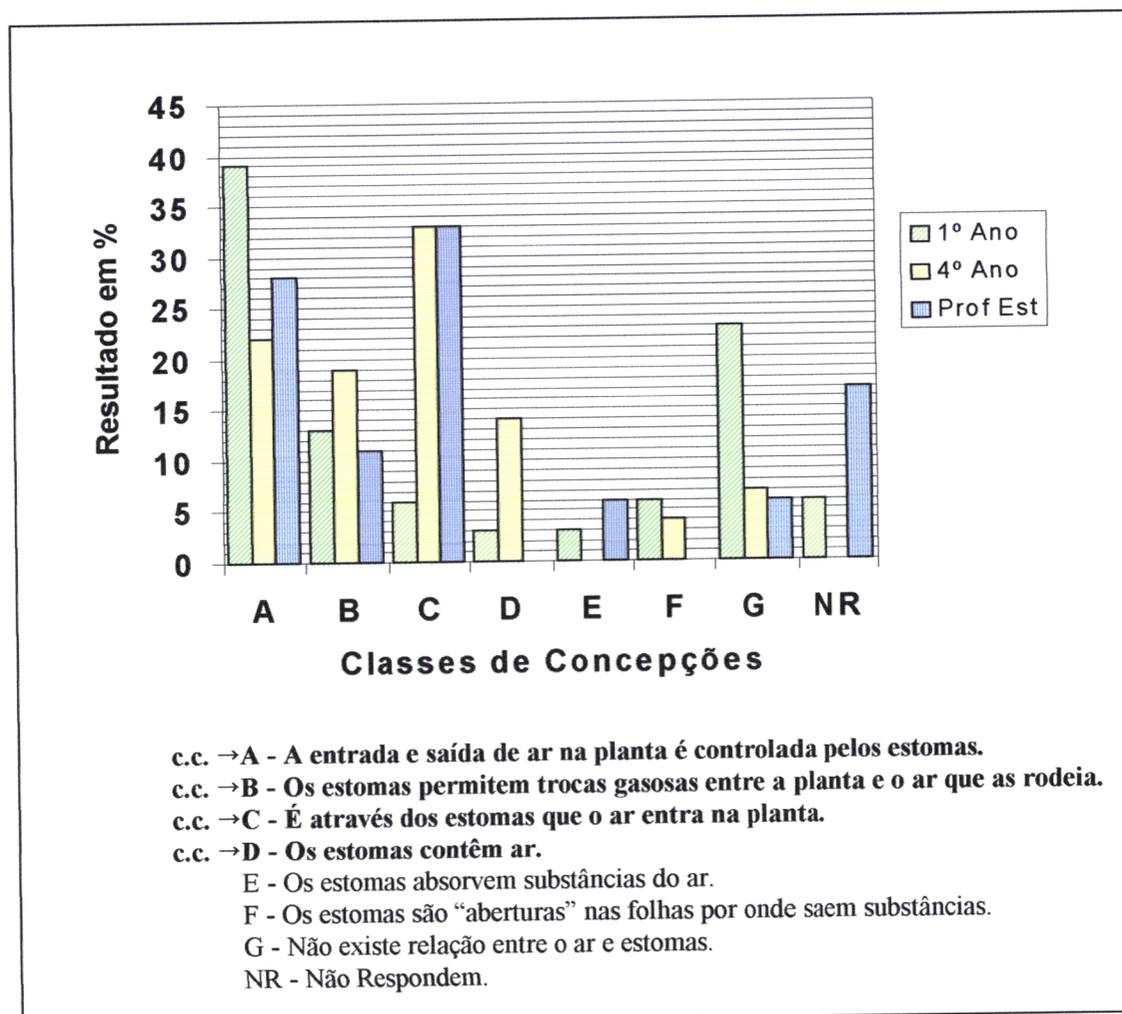


Figura 30 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Ar e Estomas

Quadro 27

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.6. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 18               | 62,1 | 22               | 81,5 | 13                | 86,7 |
| Concepções Alternativas         | 11               | 37,9 | 5                | 18,5 | 2                 | 13,3 |

**Questão 1.7. - Oxigénio / Dióxido de Carbono**

Na Figura 31 estão representadas as várias classes de concepções consideradas pertinentes.

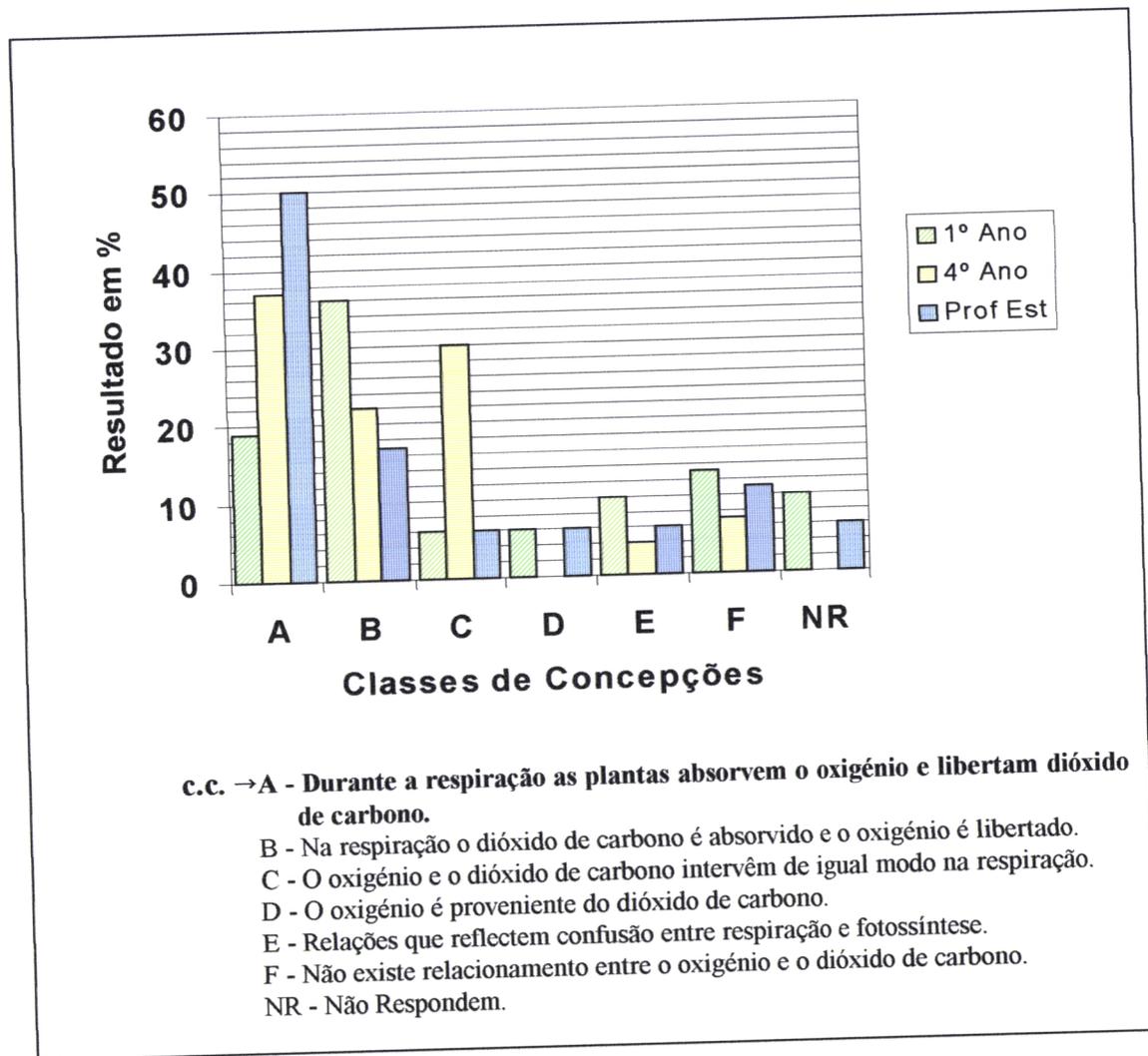


Figura 31 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Oxigénio e Dióxido de Carbono

Quadro 28

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.7. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 6                | 21,4 | 10               | 37,0 | 9                 | 52,9 |
| Concepções Alternativas         | 22               | 78,6 | 17               | 63,0 | 8                 | 47,1 |

Como o ilustra o Quadro 28, os alunos dos 1º e 4º anos manifestaram mais concepções alternativas que científicas, ao contrário dos professores estagiários, embora não seja irrelevante a percentagem de concepções desse tipo por eles evidenciadas. Estes, em grande parte, foram de opinião que “durante a respiração as plantas absorvem o oxigénio e libertam dióxido de carbono” (classe A).

De salientar, por outro lado, o grande número de concepções alternativas identificadas principalmente entre os alunos do 1º ano, concordante com a ideia de que “na respiração o dióxido de carbono é absorvido e o oxigénio é libertado” (classe B), como o indica a seguinte frase: “*No processo da respiração há consumo de dióxido de carbono e libertação de oxigénio*”.

É ainda curioso salientar que entre os alunos do 1º ano e professores estagiários surgiram opiniões que atribuem ao dióxido de carbono a proveniência do oxigénio [!], ou seja, ideias concordantes com a classe D.

Analisando o Quadro 28, fácil é constatar que foram, na verdade, os alunos do 1º ano quem, neste caso mais propendeu para concepções alternativas, apesar de a aplicação do teste do Qui-quadrado (Anexo IV - Quadro 2) ter sido insensível às diferenças observadas.

### **Questão 1.8. - Água / Dióxido de Carbono**

No que diz respeito ao relacionamento destes termos, alguns dos investigados manifestaram a ideia, cientificamente correcta, de que “a água e o dióxido de carbono são os produtos resultantes do processo respiratório” (Figura 32).

Mas também foram, e em maioria, identificadas uma série de concepções alternativas - classes B, C, D, E, F e G. Assim, a classe de concepções alternativas que reúne uma maior percentagem de ideias discordantes de concepções científicas é a classe C: “a água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocor-

ra a respiração da planta” como se pode exemplificar através da seguinte frase de um dos alunos do 1º ano: “A água e o dióxido de carbono são dois constituintes essenciais para a respiração das plantas”.

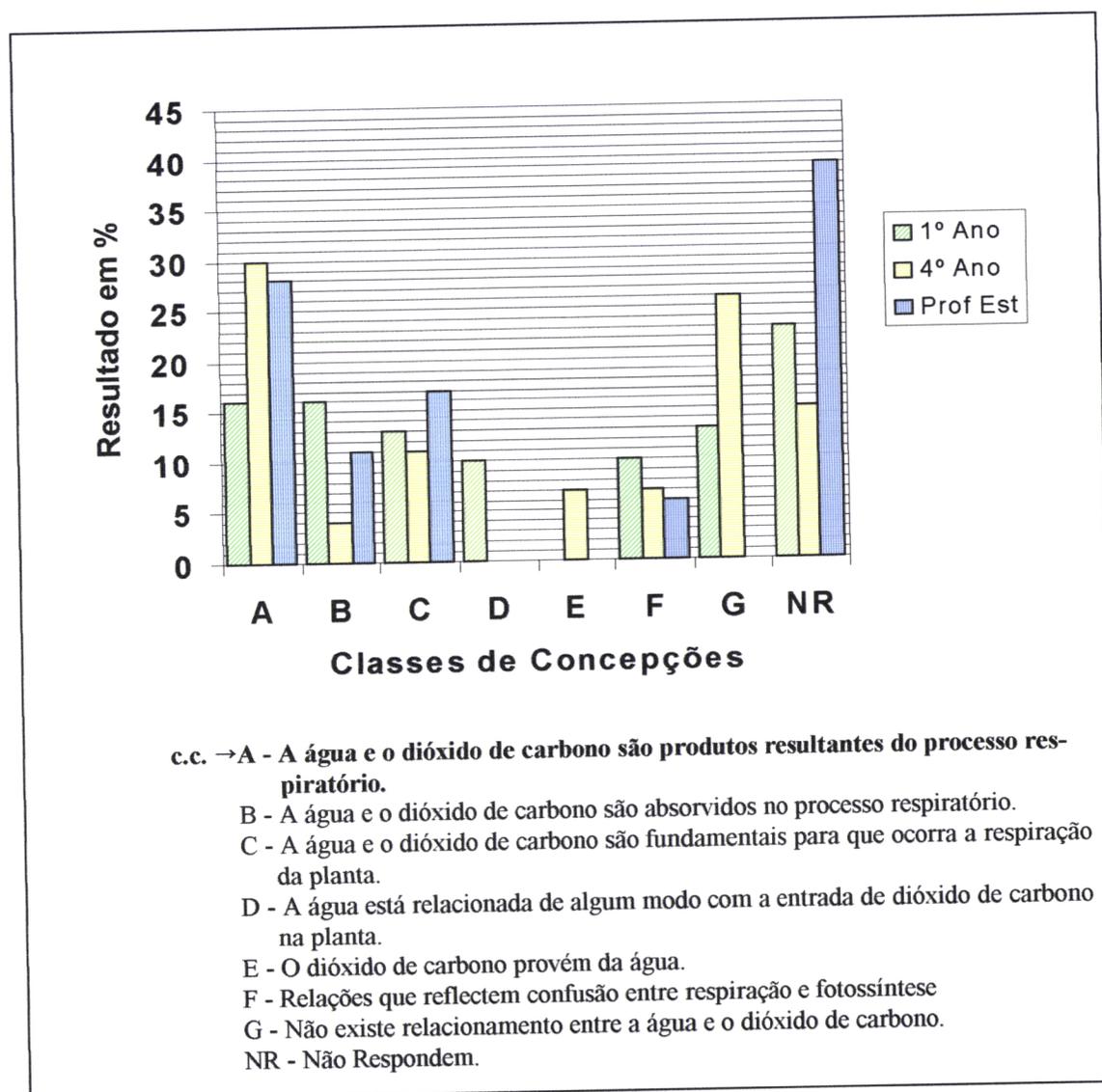


Figura 32 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Água e Dióxido de Carbono

Quadro 29

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.8. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados   | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                          | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Identificadas |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas   | 5                | 20,8 | 8                | 34,8 | 5                 | 45,5 |
| Concepções Alternativas  | 19               | 79,2 | 15               | 65,2 | 6                 | 54,5 |

Verificou-se ainda que alguns dos questionados evidenciavam ideias denunciadoras de: “relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese” - classe F, é disso ilustrativa a frase: “*A água e o dióxido de carbono são consumidos para a produção de nutrientes*”, da autoria de um professor estagiário.

Saliente-se ainda a elevada percentagem de questionados, sobretudo professores estagiários, que não responderam a esta questão, talvez por dificuldade em relacionar os termos.

Da análise do Quadro 29, torna-se bem evidente que relativamente também a esta questão, se identificaram em percentagens mais elevadas concepções alternativas que concepções científicas nos três grupos de questionados.

#### **Questão 1.9. - *Respiração / Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)***

No que concerne à relação entre os termos relativos à presente questão, foi possível identificar, nos alunos e professores, concepções que permitiram formar três classes de concepções científicas - classes A, B e C, e três de concepções alternativas - classes D, E e F.

A maioria dos alunos dos 1º e 4º anos e dos professores estagiários que responderam à questão manifestaram efectivamente ideias cientificamente válidas.

A maioria dos professores estagiários escreveu frases do tipo: “*Na respiração há utilização de compostos orgânicos para a obtenção de energia*”, de acordo com a configuração da classe A. No entanto, foram também identificadas ideias mais de acordo com concepções alternativas do tipo: “*Como resultado da respiração temos a formação de compostos orgânicos*”, frase esta, elaborada por um dos alunos do 1º ano e que está de acordo com a configuração da classe D.

Nesta questão, à semelhança da anterior, voltou a registar-se um elevado número de questionados, sobretudo alunos do 1º ano, que não responderam, o que não deixa de distorcer a respectiva análise.

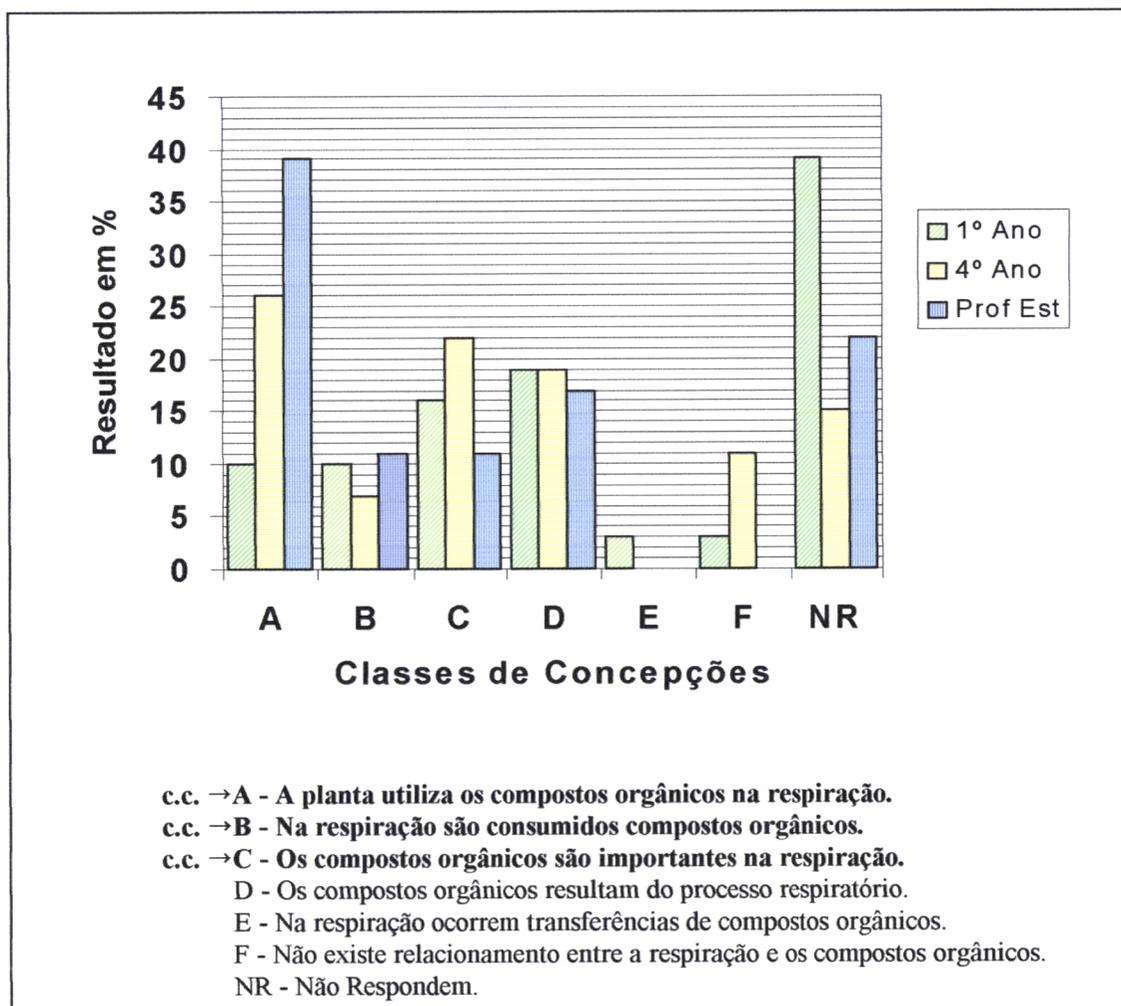


Figura 33 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Respiração e Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)

Quadro 30

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.9. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 11               | 57,9 | 15               | 65,2 | 11                | 78,6 |
| Concepções Alternativas | 8                | 42,1 | 8                | 34,8 | 3                 | 21,4 |

**Questão 1.10. - Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos) / Oxigénio**

Com base na Figura 34, podemos constatar que os questionados, ao terem relacionado os termos compostos orgânicos (glúcidos e/ou outros compostos orgânicos) e oxigénio acabaram por evidenciar concepções científicas que nos levaram à construção das classes de concepções A e B e também concepções alternativas que fizeram com que construíssemos as classes de concepções C, D, E e F.

Nos professores estagiários, bem como nos alunos dos 1º e 4º anos identificámos concepções científicas de acordo com a ideia de que “os compostos orgânicos e o oxigénio são reagentes do processo respiratório - classe B, como é o caso da ideia que está subjacente à seguinte frase: *“Na respiração são consumidos compostos orgânicos e oxigénio”*, elaborada por um dos professores estagiários.

Das concepções alternativas identificadas, relevamos as que se relacionam com a ideia de que “os compostos orgânicos são utilizados pela planta e o oxigénio é libertado” - classe D, evidenciadas por questionados dos três grupos, mas em especial por alunos do 1º ano.

Não podemos deixar de assinalar a elevada percentagem que, de novo se regista, de questionados que não responderam a esta questão, o que, naturalmente vem distorcer a análise respectiva, embora tal facto não deixe, obviamente, de ter o seu significado!

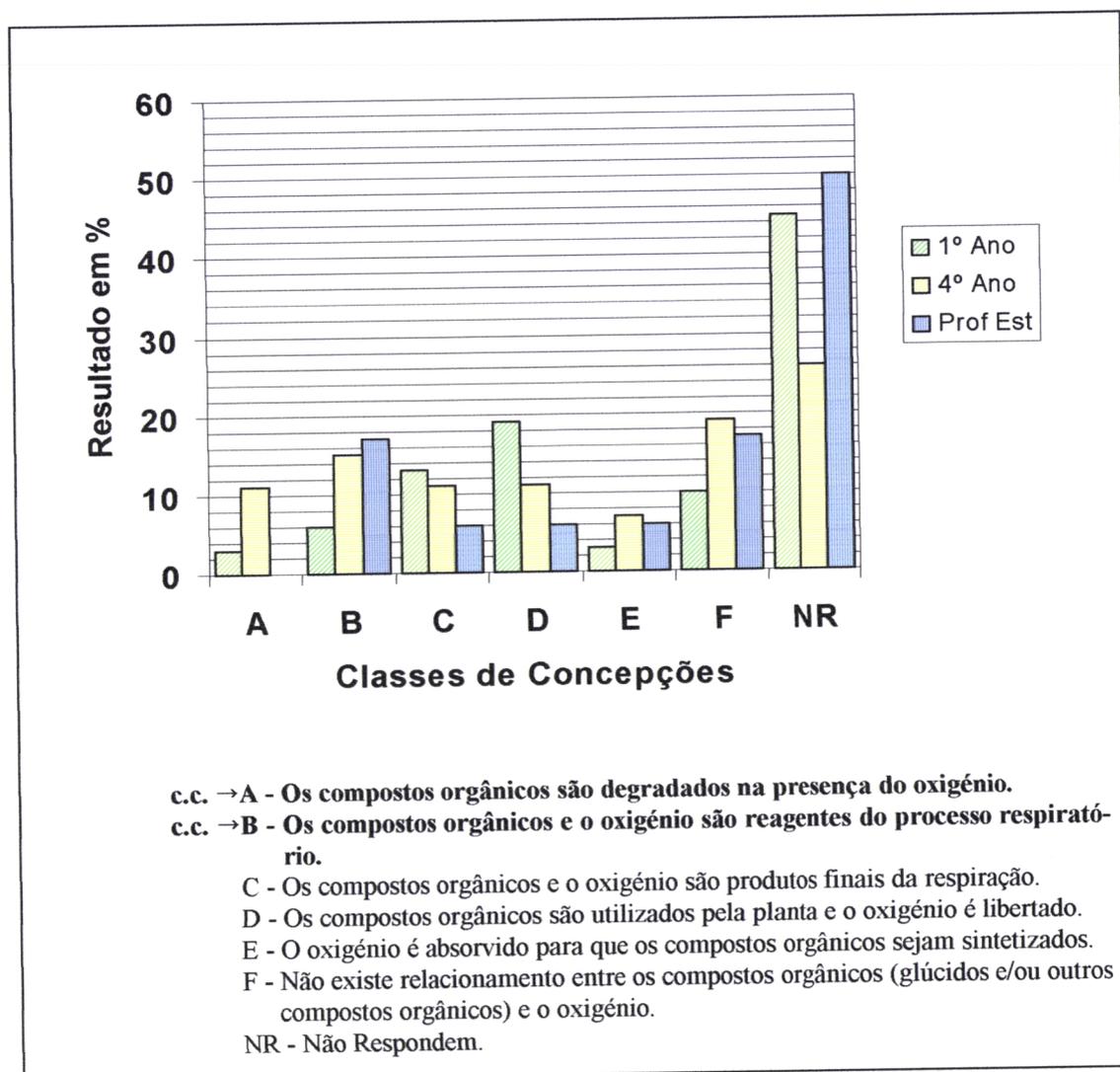


Figura 34 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos) e Oxigênio

Quadro 31

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.10. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados   | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|--------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                          | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Identificadas |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas   | 3                | 17,6 | 7                | 35,0 | 3                 | 33,3 |
| Concepções Alternativas  | 14               | 82,4 | 13               | 65,0 | 6                 | 66,7 |

**Questão 1.11. - Energia / Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)**

No que diz respeito ao relacionamento dos termos desta questão, identificámos concepções científicas que nos levaram a formar as classes de concepções A e B, conforme está indicado na Figura 35. Estas concepções foram sobretudo maioritariamente adoptadas por alunos do 4º ano e professores estagiários (Quadro 32).

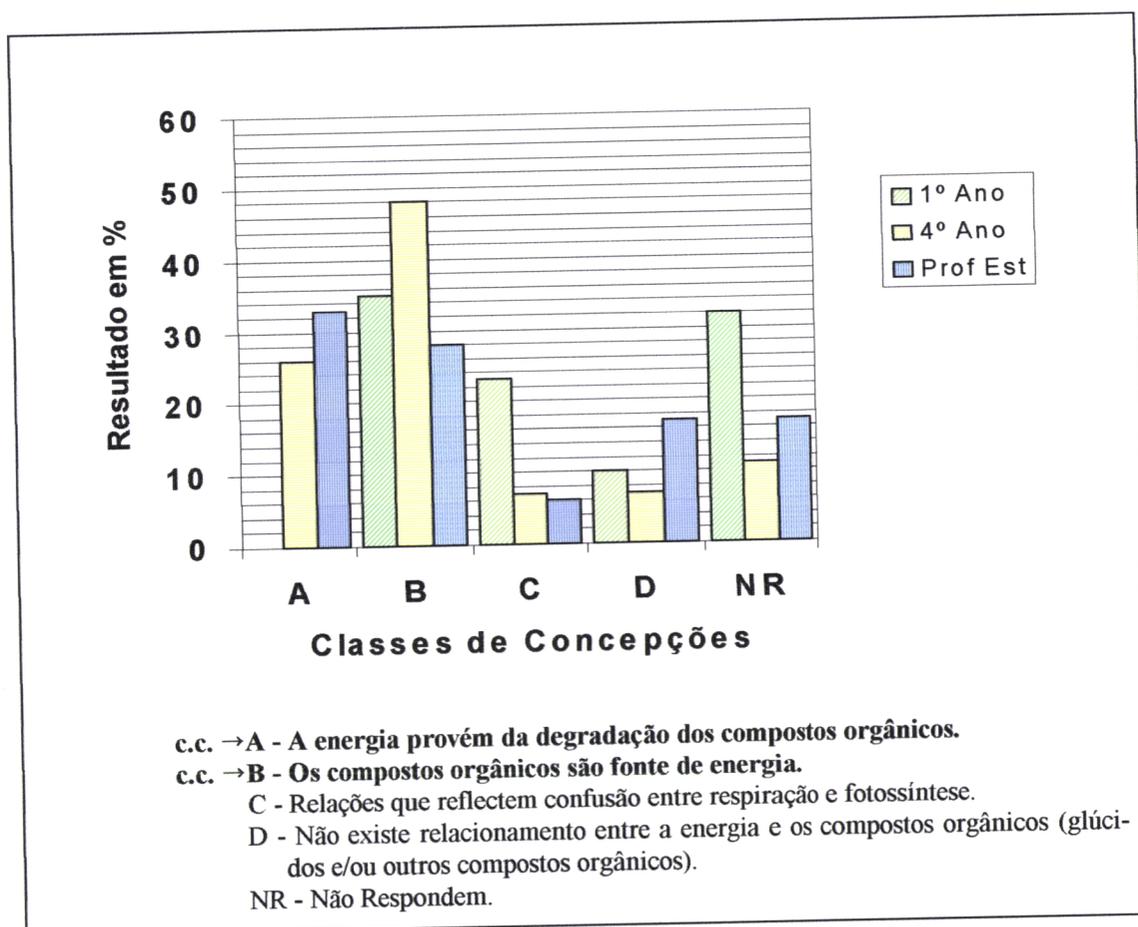


Figura 35 - Classes de Concepções Referentes à Relação entre Energia e Compostos Orgânicos (Glúcidos e/ou Outros Compostos Orgânicos)

Quadro 32

Concepções Identificadas Relativas à Questão 1.11. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados  | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|-------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                         | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| Concepções Científicas  | 11               | 52,4 | 20               | 83,3 | 11                | 73,3 |
| Concepções Alternativas | 10               | 47,6 | 4                | 16,7 | 4                 | 26,7 |

De salientar as elevadas percentagens de questionados dos 1º e 4º anos e professores estagiários que manifestaram a ideia que “os compostos orgânicos são fonte de energia” (classe B), ideia esta bem expressa na seguinte frase de um dos alunos do 4º ano: “*A planta vai buscar a energia aos compostos orgânicos*”.

Das concepções alternativas identificadas, é de relevar as que se prendem com “relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese”, expressas sobretudo por alunos do 1º ano. A frase: “*A energia é utilizada para formação de compostos orgânicos*”, por acaso de um professor estagiário, é a esse respeito ilustrativa.

#### **Questão 1.12. - *Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)***

Relativamente a esta questão, era dada a possibilidade aos questionados de relacionar um ou mais termos, à sua escolha, por forma a explicarem, através do seu relacionamento, o modo como concebiam a respiração das plantas. Como se pode verificar pela observação da Figura 36, só alguns dos alunos dos 1º ano responderam e, muito poucos, do 4º ano.

Como exemplo, temos a seguinte frase, onde um aluno do 1º ano, ao tentar relacionar os termos *mitocôndria* e *respiração*, acabou por evidenciar uma concepção alternativa: “*A respiração ocorre na mitocôndria que é o organito especializado nesta actividade*”.

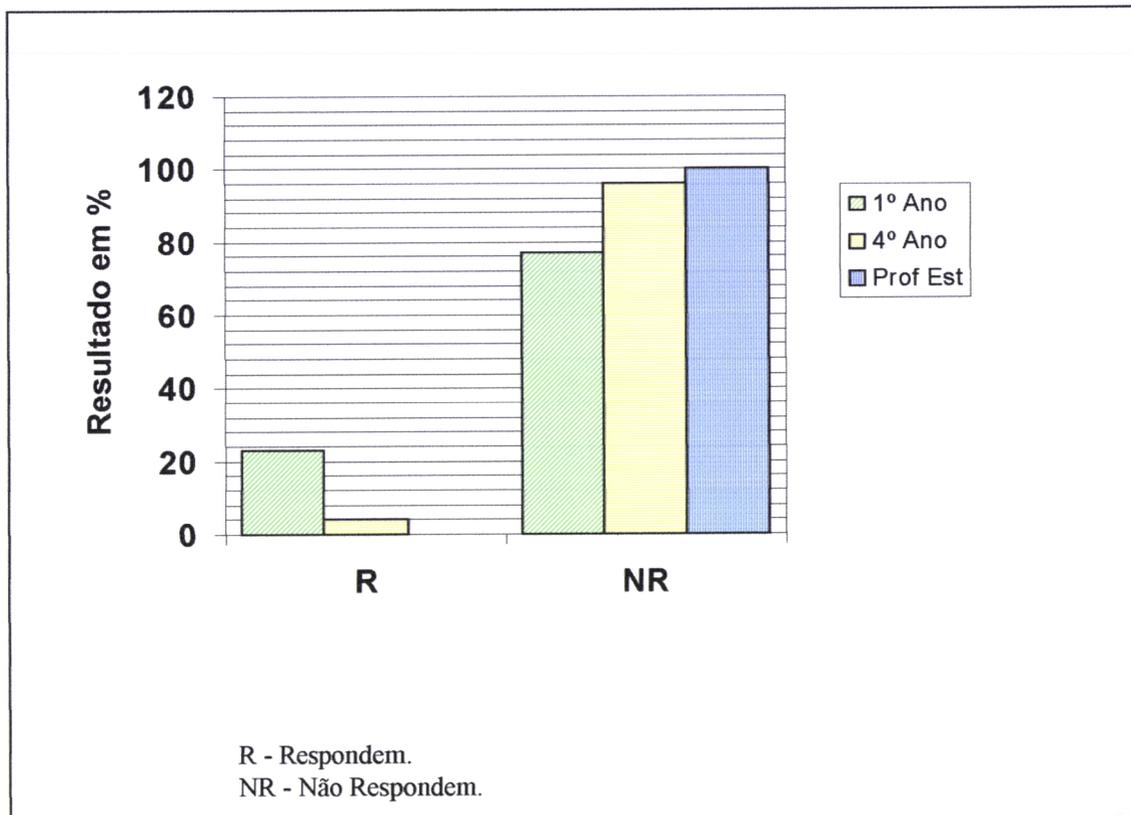


Figura 36 - *Distribuição dos Questionados Relativamente ao Ponto 1.12. - Parte II do Questionário - “Outro(s) Par(es) de Termos (Escreva Qual(ais) e Relacione-os)”*

### Questão 2.1. - *A Respiração é ...*

No que diz respeito a esta primeira questão do ponto dois da Parte II do questionário, em que era solicitado aos questionados que seleccionassem a opção que estivesse mais de acordo com as suas perspectivas, de modo a completarem a frase incompleta: “a respiração é ...”, tendo sempre presente a respiração das plantas, pode concluir-se, pela análise da Figura 37, que a maioria dos questionados, especialmente alunos do 1º ano, seleccionou a primeira opção, “um processo de troca de gases”, o que na verdade representa uma concepção alternativa que já se tinha identificado também em questões anteriores. Aliás, a grande maioria dos questionados acabou, indistintamente, por, neste caso evidenciar concepções al-

ternativas, sendo poucos os que optaram pela resposta mais de acordo com a perspectiva científica - quinta opção (Quadro 33).

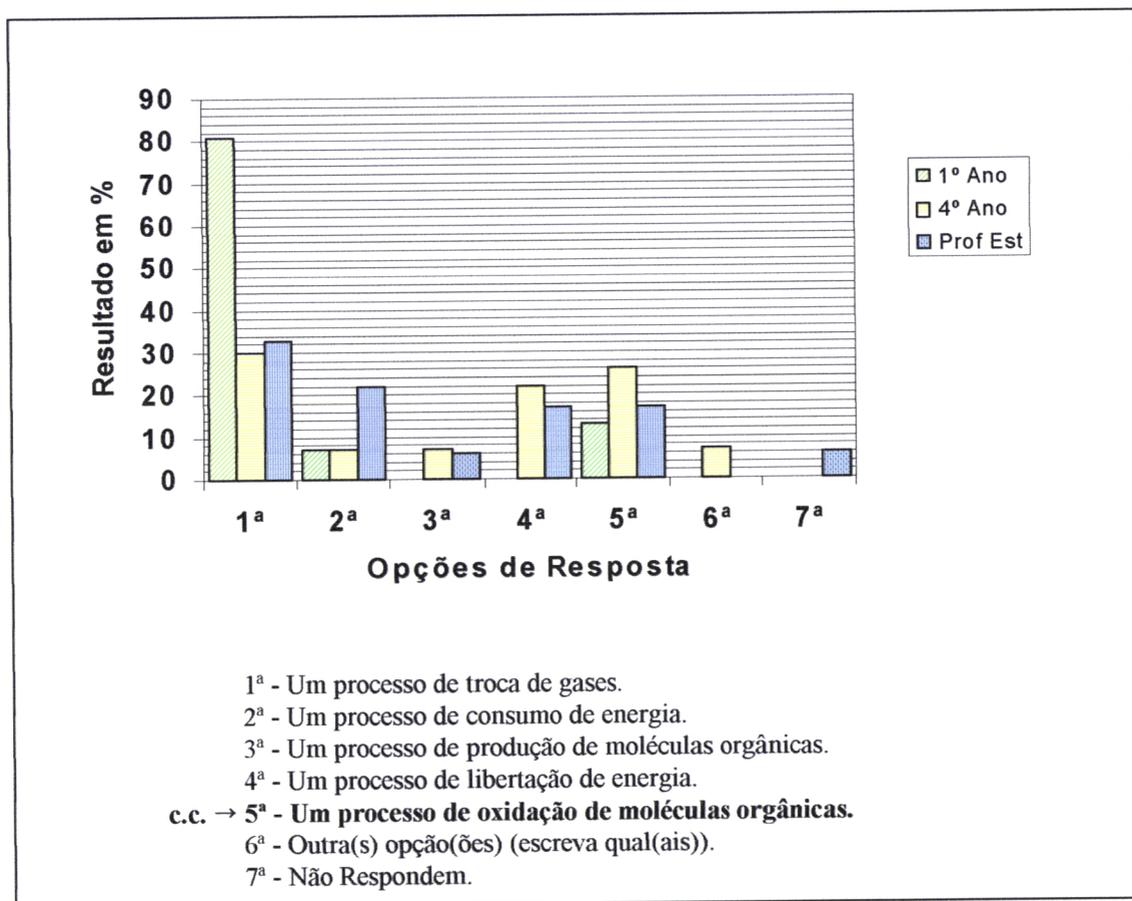


Figura 37 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Respiração é ...”

Quadro 33

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.1. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 4                | 12,9 | 7                | 28,0 | 3                 | 17,6 |
| Concepções Alternativas         | 27               | 87,1 | 18               | 72,0 | 14                | 82,4 |

**Questão 2.2. - A Respiração Ocorre ...**

A Figura 38 evidencia que nesta questão, tal como anteriormente, a maior parte dos questionados acabou, independentemente dos grupos, por manifestar sobretudo concepções alternativas.

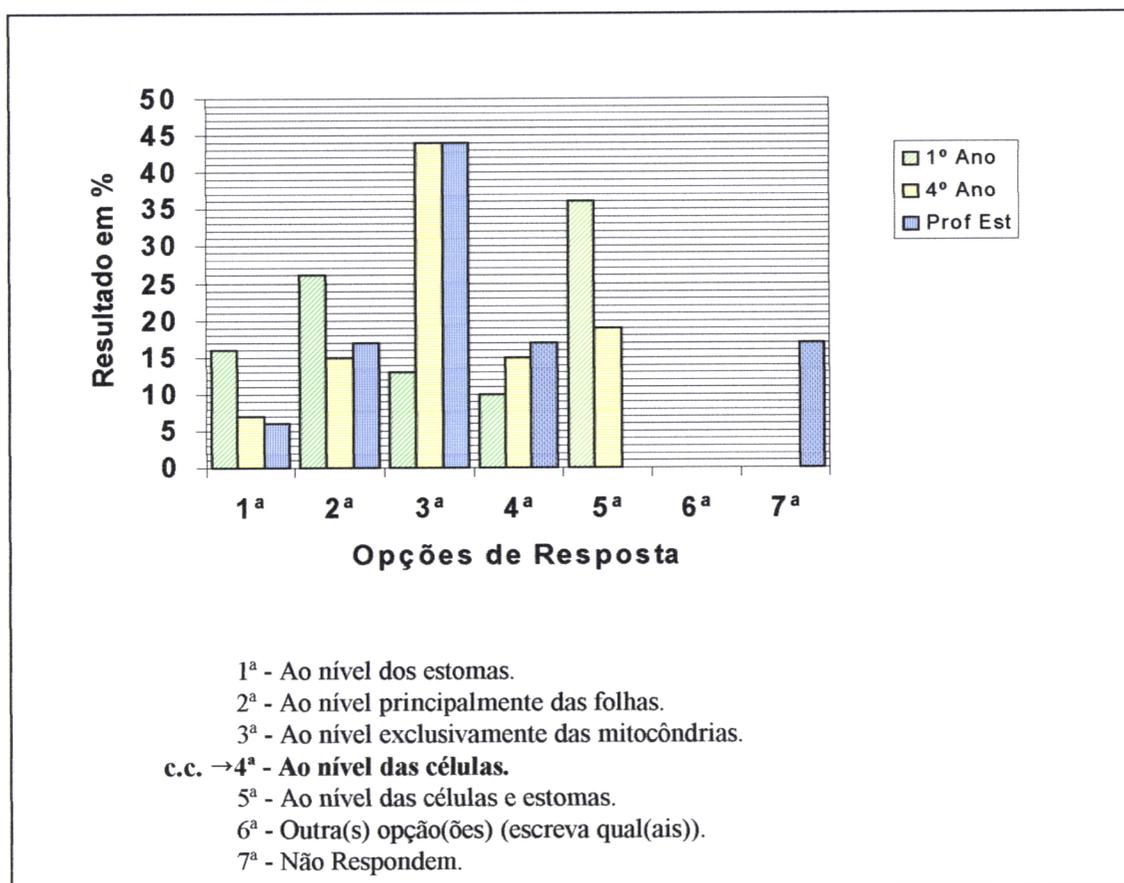


Figura 38 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - A Respiração Ocorre ...”

Quadro 34

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.2. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 3                | 15,0 | 4                | 14,8 | 3                 | 20,0 |
| Concepções Alternativas         | 17               | 85,0 | 23               | 85,2 | 12                | 80,0 |

Uma das opções que obteve mais adeptos, especialmente alunos do 4º ano e professores estagiários, foi a terceira: “ao nível exclusivamente das mitocôndrias”. Estes questionados parecem ter desprezado o facto de uma das etapas da respiração celular se realizar no citoplasma das células - a glicólise.

A maioria dos alunos do 1º ano acabou, no entanto, por escolher a opção: “ao nível das células e estomas”, parecendo não ter tido em consideração que os estomas também são células.

A opção cientificamente correcta, a quarta opção, foi ainda assim, seleccionada por alguns dos alunos dos três grupos de questionados.

### **Questão 2.3. - *As Plantas Respiram ...***

No que concerne a esta questão pode verificar-se com base na análise da Figura 39, que se registou uma grande tendência para os questionados seleccionarem a terceira opção, “realizando trocas gasosas através dos estomas das folhas”, particularmente por parte dos alunos do 1º ano e professores estagiários.

A opção de resposta, “através do processo de fosforilação oxidativa”, concordante com a opção científica, foi, ainda assim, bastante escolhida pelos alunos do 4º ano.

Observando o Quadro 35, pode, assim, concluir-se que, embora a maioria dos investigados tivesse seleccionado opções de resposta mais de acordo com concepções alternativas, os alunos do 4º ano fizeram-no com menor frequência que os investigados dos outros grupos, apesar de as diferenças observadas não poderem ser consideradas suficientemente significativas (Anexo IV - Quadro 2).

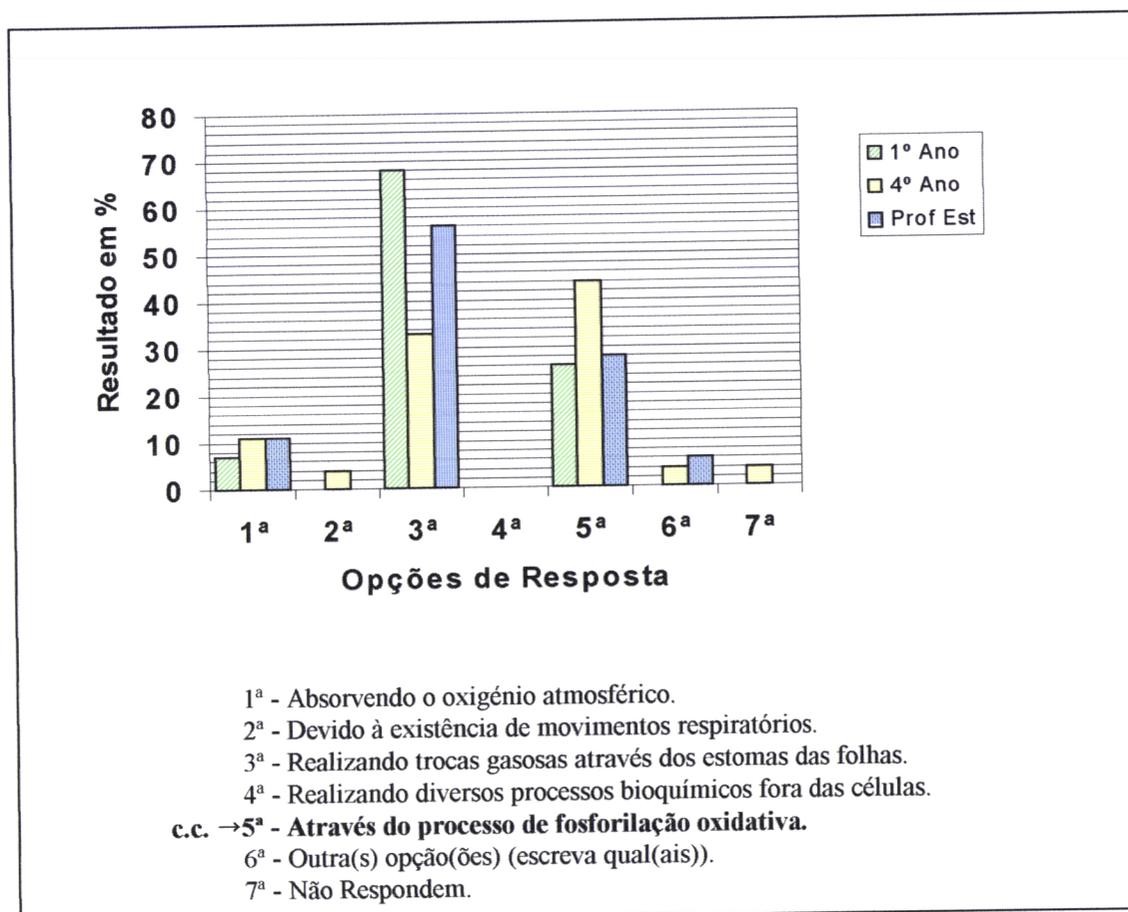


Figura 39 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção que Melhor se Ajuste à Afirmação Incompleta - As Plantas Respiram ...”

Quadro 35

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.3. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 8                | 25,8 | 12               | 48,0 | 5                 | 29,4 |
| Concepções Alternativas         | 23               | 74,2 | 13               | 52,0 | 12                | 70,6 |

**Questão 2.4. - Ao Contrário do que Acontece na Fotossíntese ...**

Por fim, e no que se refere a esta questão, onde se dava a possibilidade aos questionados de escolherem uma ou mais opções de resposta, constatámos com base na observação da Figura 40, que se registaram, por parte dos alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários, a escolha de todas as opções de resposta que lhes eram oferecidas.

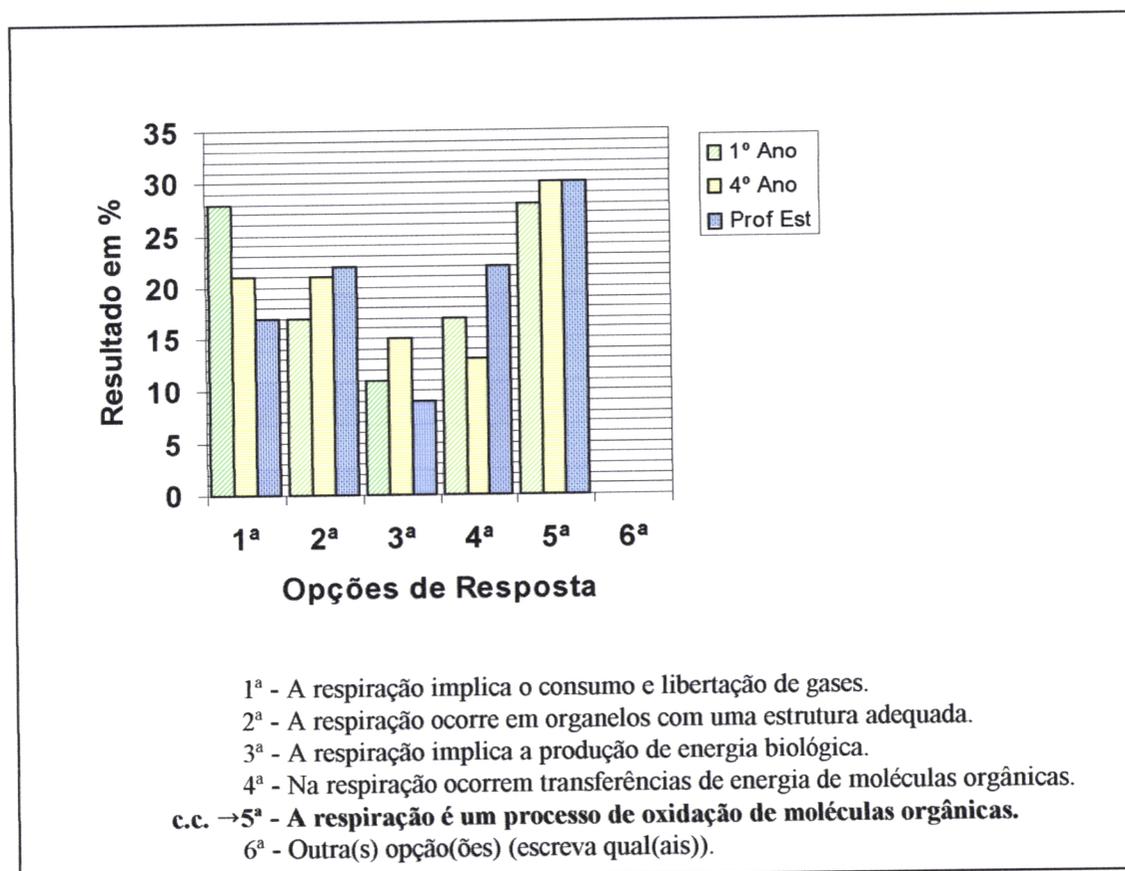


Figura 40 - Distribuição dos Questionados pelas Opções de Resposta à Questão “Selecione a Opção ou Opções que Melhor se Ajuste(m) à Afirmação Incompleta - Ao Contrário do que Acontece na Fotossíntese ...”

Quadro 36

Concepções Identificadas Relativas à Questão 2.4. - Parte II do Questionário

| Grupos de Questionados          | Alunos do 1º Ano |      | Alunos do 4º Ano |      | Prof. Estagiários |      |
|---------------------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                 | N.º              | %    | N.º              | %    | N.º               | %    |
| <b>Concepções Identificadas</b> |                  |      |                  |      |                   |      |
| Concepções Científicas          | 13               | 27,7 | 14               | 29,8 | 7                 | 30,4 |
| Concepções Alternativas         | 34               | 72,3 | 33               | 70,2 | 16                | 69,6 |

A quinta opção: “a respiração é um processo de oxidação de moléculas orgânicas”, de acordo com o que cientificamente parece ser mais aceitável, foi seleccionada por um grande número de alunos, em especial do 4º ano e por professores.

Ao analisar-mos o Quadro 36, facilmente concluímos que os questionados nas selecções que efectuaram das opções de resposta a esta questão, manifestaram mais concepções alternativas que científicas, não sendo significativas as diferenças entre alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários.

### **Questão 3. - Mapas de Conceitos: A Respiração das Plantas**

Os mapas de conceitos elaborados pelos questionados relacionados com a Respiração das Plantas foram alvo de análise, tendo como suporte o já apresentado Instrumento para Análise dos Mapas de Conceitos (Anexo V).

Os dados recolhidos com base na análise realizada foram, desse modo, organizados nos Quadros-síntese 4, 5 e 6, respeitantes, respectivamente, aos alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários (Anexo V) e no gráfico da Figura 41.

Da observação cuidada do gráfico pode verificar-se que, relativamente à **utilização de um conjunto de conceitos chave**, a grande maioria dos alunos e professores conseguiu com um nível elevado (E1) seleccionar um número adequado de conceitos chave para elaborar o seu mapa de conceitos. Somente alguns o fizeram a um nível médio (M1), não se tendo registado questionados classificados, neste âmbito, de reduzido.

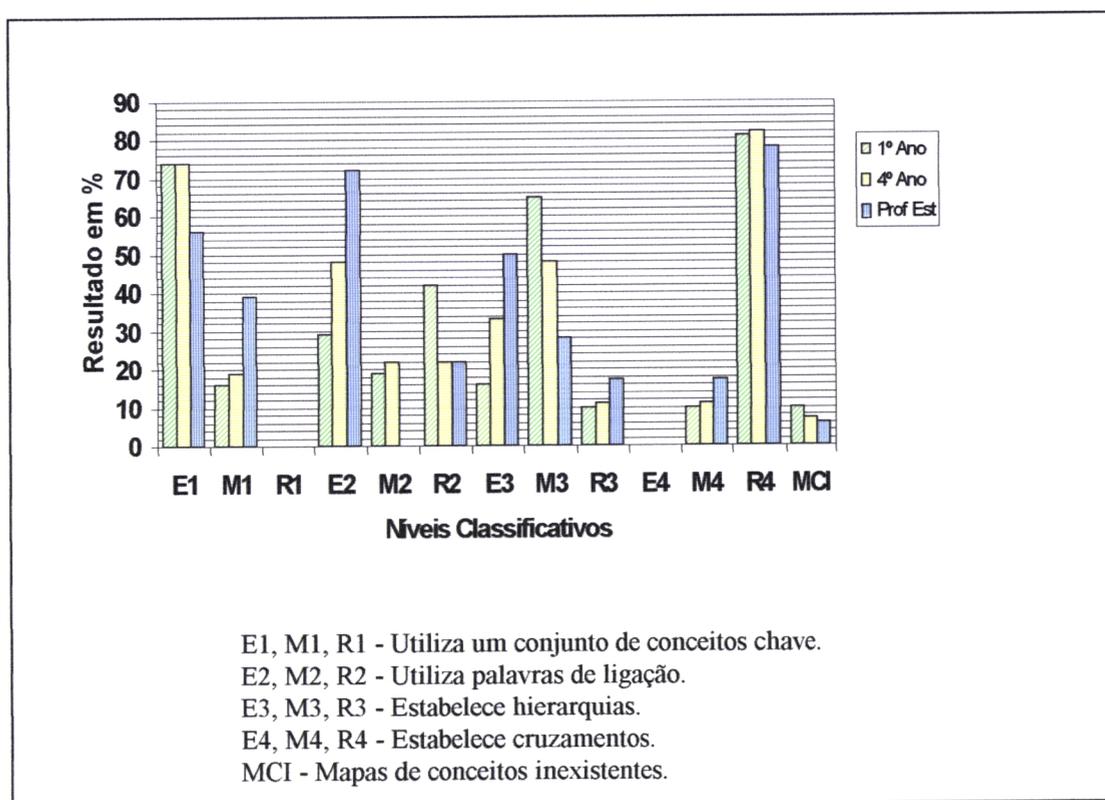


Figura 41 - Distribuição dos Questionados pelas Três Categorias (Nível Elevado, Nível Médio e Nível Reduzido) de Análise dos Mapas de Conceitos Referentes à Respiração das Plantas

Relativamente à **utilização de palavras de ligação**, no sentido de construir proposições, pode verificar-se que os alunos do 1º ano o conseguiram fazer de um modo que globalmente se pode considerar reduzido/médio (R2/M2) e que os alunos do 4º ano e os professores estagiários o conseguiram fazer de forma mais satisfatória, tendo mesmo muitos deles elevado (E2), especialmente professores estagiários, conforme também se encontra expresso nos Quadros do Anexo V.

No que diz respeito ao **estabelecimento de hierarquias entre os conceitos**, é possível inferir que alguns dos investigados o fez de maneira elevada (E3), se bem que os alunos dos 1º e 4º anos tenham tido nesse aspecto um desempenho que se pode considerar médio (M3). Apesar disso, foram registados, nos três grupos de questionados, mapas de conceitos em que as hierarquias entre conceitos

foram realizadas de forma muito deficiente (R3), pelo que, em termos globais, se pode considerar que os mapas de conceitos elaborados apresentaram um nível de consecução médio.

Considerando agora o modo como foram **estabelecidos cruzamentos entre os conceitos**, podemos concluir que, à semelhança do que já se tinha verificado para o caso da Nutrição das Plantas, os questionados devem, em termos gerais, ter sentido grandes dificuldades, tendo em conta a elevada percentagem de reduzidos (R4) registados neste parâmetro de avaliação dos mapas de conceitos.

Por fim, tendo por base os resultados da aplicação da ANOVA (Anexo VI - Quadro 2), foi possível concluir que não se registaram diferenças significativas, em termos globais, nos resultados da avaliação dos mapas de conceitos dos questionados dos três grupos. Já no que tem a ver com a utilização de palavras de ligação, a situação foi diferente, tendo-se aí registado algumas diferenças significativas entre pares de grupos.

Aplicado o teste de Bonferroni, foi, assim, possível verificar que essas diferenças eram devidas a um suposto pior desempenho nessa área dos alunos do 1º ano, quando comparados com os professores estagiários, evidência que, naturalmente, está no campo do que seria de prever.

Apresentamos de seguida, a título exemplificativo, um mapa de conceitos elaborado por um professor estagiário.

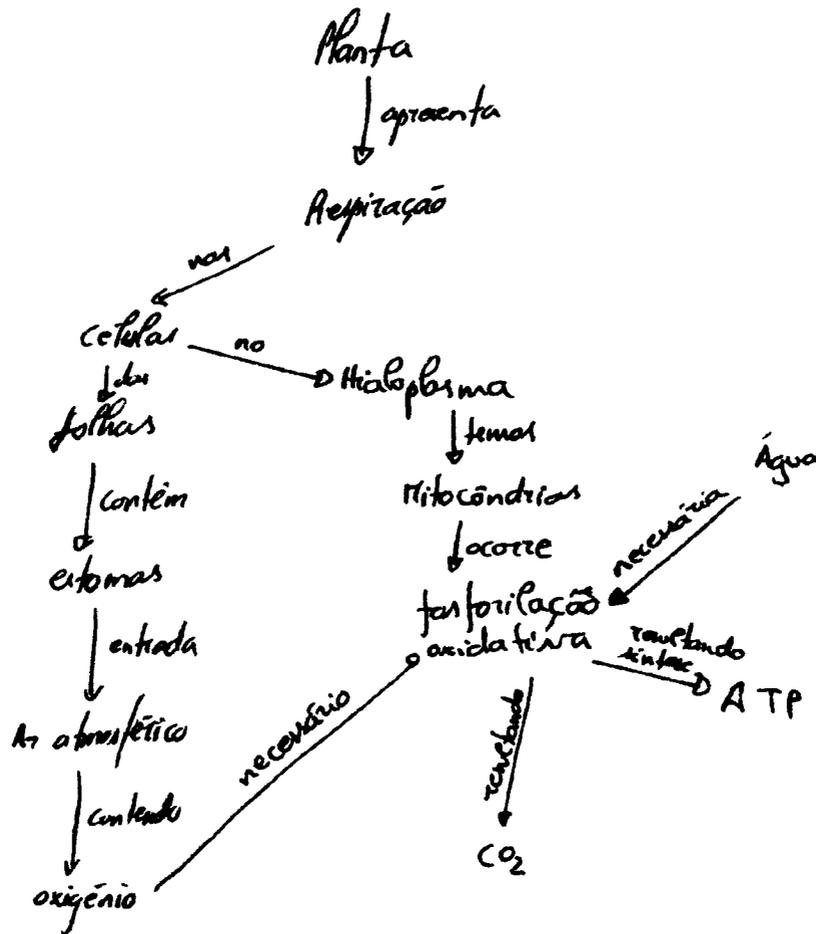


Figura 42 - Mapa de Conceitos Elaborado por um Professor Estagiário

Evidencia-se, de facto, neste mapa de conceitos um nível elevado de desempenho no que tem a ver com a utilização de conceitos chave, e de palavras de ligação e com o estabelecimento de hierarquias. A realização de cruzamentos entre conceitos pertencentes a partes diferentes do mapa situa-se, por sua vez, a um nível médio.

Da análise dos mapas de conceitos, emergiram numerosas concepções científicas e alternativas de que, dada a exaustão que a tarefa implicaria, apenas aqui registamos com base na observação atenta do mapa da Figura 42, a título meramente ilustrativo as concepções científicas: “No hialoplasma temos mitocôndrias onde ocorre fosforilação oxidativa” e “A planta apresenta respiração”, e a seguinte concepção alternativa: “Respiração nas células das folhas”.

### 4.1.3. Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre “A Nutrição e a Respiração das Plantas”

Na tentativa de sintetizar e reunir as principais *concepções alternativas* identificadas sobre a Nutrição e Respiração das Plantas, nos alunos dos 1º e 4º anos e em professores estagiários do curso de Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora, elaborámos dois Quadros-resumo, um relativo à Nutrição das Plantas (Quadro 37) e outro relativo à Respiração das Plantas (Quadro 38).

Nos Quadros foi adoptada a seguinte simbologia: o sinal “+” significa que houve manifestação de uma determinada *concepção alternativa* em pelo menos um dos questionados de um determinado grupo; o sinal “++” significa que uma determinada *concepção alternativa* se mostrou muito mais evidente em pelo menos um dos grupos de questionados que no(s) outro(s); o sinal “-” significa que uma determinada *concepção alternativa* não se manifestou em qualquer grupo de questionados.

Quadro 37

*Resumo das Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre a Nutrição das Plantas, em Alunos dos 1º e 4º Anos e em Professores Estagiários*

| IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS<br>CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS             | ALUNOS<br>1º ANO | ALUNOS<br>4º ANO | PROF.<br>EST. |
|---|------------------|------------------|---------------|
| A fotossíntese é um processo que ocorre só nas plantas verdes.      | +                | ++               | +             |
| A fotossíntese é um processo pelo qual a planta absorve nutrientes. | ++               | +                | -             |
| A fotossíntese é um processo de troca de gases.                     | +                | +                | +             |
| A fotossíntese é o processo que permite que a planta respire.       | ++               | ++               | +             |
| Relações que reflectem confusão entre fotossíntese e respiração.    | ++               | +                | +             |

(cont.)

(cont.)

| <b>IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS<br/>CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS</b>   | <b>ALUNOS<br/>1º ANO</b> | <b>ALUNOS<br/>4º ANO</b> | <b>PROF.<br/>EST.</b> |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| As plantas durante o dia libertam o oxigénio, libertando o dióxido de carbono durante a noite.            | ++                       | +                        | -                     |
| O oxigénio provém do dióxido de carbono.  | +                        | +                        | +                     |
| Relações que reflectem confusão entre o gás absorvido e o libertado no processo.                          | +                        | ++                       | +                     |
| O oxigénio e os glúcidos são reagentes do processo de obtenção de nutrientes pelas plantas.               | +                        | -                        | -                     |
| A produção de glúcidos durante a fotossíntese implica a presença de oxigénio.                             | +                        | ++                       | +                     |
| Os glúcidos são necessários para obtenção de oxigénio durante o processo fotossintético.                  | +                        | -                        | +                     |
| A obtenção de glúcidos pela planta, a partir do exterior, vai fornecer-lhe energia.                       | +                        | -                        | +                     |
| Os glúcidos não são considerados energia química.   | +                        | +                        | +                     |
| A fonte de energia que permite às plantas crescerem são os compostos inorgânicos que sintetizam.          | +                        | +                        | -                     |
| A fonte de energia que permite às plantas crescerem são os compostos químicos que absorvem.               | +                        | -                        | -                     |
| A fonte de energia que permite às plantas crescerem são os nutrientes que absorvem do meio.               | +                        | +                        | +                     |
| A fonte de energia que permite às plantas crescerem são as substâncias que lhes são fornecidas.           | +                        | +                        | -                     |
| Os nutrientes são necessários para realizar a fotossíntese.   | ++                       | ++                       | +                     |
| Só os nutrientes inorgânicos estão relacionados com a fotossíntese.                                       | +                        | ++                       | +                     |
| Os nutrientes inorgânicos são fonte de energia para as plantas.   | +                        | -                        | +                     |
| A água e o dióxido de carbono são nutrientes das plantas.   | +                        | +                        | -                     |
| O oxigénio e o dióxido de carbono são identificados como nutrientes das plantas.                          | +                        | -                        | -                     |
| Os sais minerais são considerados os únicos nutrientes das plantas.                                       | +                        | -                        | -                     |
| Os sais minerais a par de outros compostos inorgânicos são considerados os únicos nutrientes das plantas. | +                        | -                        | -                     |
| Os sais minerais não são considerados nutrientes.   | +                        | ++                       | +                     |
| Os sais minerais e os nutrientes são fundamentais para a nutrição das plantas.                            | +                        | +                        | -                     |
| A planta nutre-se absorvendo luz.   | -                        | +                        | -                     |

(cont.)

(cont.)

| IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS  | ALUNOS 1º ANO | ALUNOS 4º ANO | PROF. EST. |
|---|---------------|---------------|------------|
| A planta nutre-se absorvendo compostos químicos.  | -             | +             | -          |
| O nutriente da planta é a luz.  | +             | +             | +          |
| O nutriente da planta é a água.   | +             | +             | +          |
| O nutriente da planta é o dióxido de carbono.   | +             | +             | +          |
| O nutriente da planta é o oxigénio.   | ++            | +             | +          |
| O nutriente da planta é a clorofila.  | +             | -             | -          |
| O nutriente da planta é o solo.   | ++            | +             | -          |
| Os sais minerais e os nutrientes são absorvidos pelas raízes para nutrição das plantas.                     | ++            | +             | -          |
| As raízes absorvem o alimento do solo.  | -             | -             | +          |
| As raízes absorvem todos os nutrientes da planta do solo.   | +             | +             | +          |
| As raízes absorvem os nutrientes e sais minerais necessários à planta.                                      | +             | +             | +          |
| As folhas estão em contacto com o ar.   | +             | ++            | +          |
| As folhas estão relacionadas com a respiração.  | ++            | -             | +          |
| As folhas são os locais da planta onde se efectuam as trocas gasosas.                                       | +             | ++            | ++         |
| As raízes são órgãos de absorção de substâncias e as folhas de libertação de substâncias.                   | ++            | +             | -          |
| As raízes são identificadas como órgãos que absorvem de algum modo os nutrientes ou a alimento das plantas. | +             | +             | +          |
| As raízes absorvem os nutrientes para as folhas.  | +             | +             | +          |
| A planta nutre-se absorvendo nutrientes pelas folhas.   | -             | -             | +          |

Analisando o Quadro 37, pode verificar-se que no estudo realizado, registaram-se *concepções alternativas* que podem ser agrupadas nos seguintes grandes campos:

- **Concepções manifestadas de forma idêntica pelos questionados dos três grupos.** Foram as concepções de que a fotossíntese é um processo de troca de gases; o oxigénio provém do dióxido de carbono; os glúcidos não são considerados energia química; a fonte de energia que permite às plantas crescerem são os nutrientes que absorvem do meio; os nutrientes da planta são a luz, a água e o dióxido de carbono; as raízes absorvem todos os nutrientes da planta do solo; as raízes absorvem os nutrientes e sais minerais necessários à planta;

as raízes e as folhas são órgãos que absorvem de algum modo os nutrientes ou o alimento das plantas; as raízes absorvem os nutrientes para as folhas.

- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 1º ano.** Foram as concepções de que a fotossíntese é um processo pelo qual a planta absorve nutrientes; existem relações que reflectem confusão entre fotossíntese e respiração; as plantas durante o dia libertam o oxigénio, libertando o dióxido de carbono durante a noite; um dos nutrientes da planta é o oxigénio; um dos nutrientes da planta é o solo; os sais minerais e os nutrientes são absorvidos pelas raízes para nutrição das plantas; as folhas estão relacionadas com a respiração; as raízes são órgãos de absorção de substâncias e as folhas de libertação de substâncias.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 4º ano.** Foram as concepções de que a fotossíntese é um processo que ocorre só nas plantas verdes; existe confusão entre o gás absorvido e o libertado no processo; a produção de glúcidos durante a fotossíntese implica a presença de oxigénio; só os nutrientes inorgânicos estão relacionados com a fotossíntese; os sais minerais não são considerados nutrientes; as folhas estão em contacto com o ar.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos dos 1º e 4º anos.** Foram as concepções de que a fotossíntese é o processo que permite que a planta respire e os nutrientes são necessários para realizar a fotossíntese.
- **Concepção manifestada de forma bem evidente pelos alunos do 4º ano e professores estagiários,** só se registou uma concepção, segundo a qual as folhas são os locais na planta onde se efectuam as trocas gasosas.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 1º ano.** Foram as concepções de que: o oxigénio e os glúcidos são reagentes do processo de obtenção de

nutrientes pelas plantas; a fonte de energia que permite às plantas crescerem são os compostos químicos que absorvem; o oxigénio e o dióxido de carbono são identificados como nutrientes das plantas; os sais minerais são considerados os únicos nutrientes das plantas; os sais minerais, a par de outros compostos inorgânicos, são considerados os únicos nutrientes das plantas; um dos nutrientes da planta é a clorofila.

- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 4º ano.** Foram as concepções de que a planta se nutre absorvendo luz e a planta se nutre absorvendo compostos químicos.
- **Concepções manifestadas só pelos professores estagiários.** Foram as concepções de que as raízes absorvem o alimento do solo e a planta nutre-se absorvendo nutrientes pelas folhas.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos dos 1º e 4º anos.** Foram as concepções de que a fonte de energia que permite às plantas crescerem são compostos inorgânicos que sintetizam; a fonte de energia que permite às plantas crescerem são as substâncias que lhes são fornecidas; a água e o dióxido de carbono são nutrientes das plantas; os sais minerais e os nutrientes são fundamentais para a nutrição das plantas.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 1º ano e professores estagiários.** Foram as concepções de que os glúcidos são necessários para a obtenção de oxigénio durante o processo fotossintético; a obtenção de glúcidos pela planta, a partir do exterior, vai fornecer-lhe energia; os nutrientes inorgânicos são fonte de energia para as plantas.

Vale a pena ainda referir que no grupo dos professores estagiários não se manifestaram *concepções alternativas* de uma forma mais evidente do que nos outros grupos. Também não se manifestaram *concepções alternativas* só nos alunos do

1º ano e professores estagiários, assim como também não se manifestaram apenas em alunos do 4º ano e professores estagiários.

Em síntese, de um modo geral, poder-se-á considerar que as principais *concepções alternativas* identificadas sobre a Nutrição das Plantas terão tido maior expressão nos alunos do 1º ano e menor nos professores estagiários, como seria de esperar.

Quadro 38

*Resumo das Principais Concepções Alternativas Identificadas sobre a Respiração das Plantas, em Alunos dos 1º e 4º Anos e em Professores Estagiários*

| <b>IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS</b>                            | <b>ALUNOS 1º ANO</b> | <b>ALUNOS 4º ANO</b> | <b>PROF. EST.</b> |
|--|----------------------|----------------------|-------------------|
| A respiração é um processo de produção de moléculas orgânicas.                         | -                    | +                    | +                 |
| A respiração é um processo de libertação de energia.                                   | -                    | +                    | +                 |
| A respiração é um processo que consiste em trocas gasosas.                             | ++                   | +                    | +                 |
| A respiração é um processo de captação e libertação de energia.                        | +                    | +                    | +                 |
| A respiração é um processo de consumo de energia.                                      | +                    | +                    | ++                |
| Para que a respiração ocorra tem de existir fornecimento exterior de energia à planta. | +                    | -                    | -                 |
| A respiração é um fenómeno que ocorre principalmente nas folhas da planta.             | ++                   | ++                   | +                 |
| A respiração das plantas ocorre em células especiais.                                  | +                    | ++                   | ++                |
| A respiração da planta realiza-se nas células das folhas.                              | +                    | -                    | -                 |
| A respiração das plantas realiza-se nas folhas.  | ++                   | +                    | +                 |
| A respiração faz-se pelas folhas.  | +                    | ++                   | +                 |
| As folhas têm um papel importante na respiração.                                       | +                    | +                    | ++                |
| Os estomas absorvem substâncias do ar.   | +                    | -                    | +                 |
| Os estomas são “aberturas” na folha por onde saem substâncias.                         | +                    | +                    | -                 |
| A respiração ocorre ao nível exclusivamente das mitocôndrias.                          | +                    | ++                   | ++                |

(cont.)

(cont.)

| IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS   | ALUNOS 1º ANO | ALUNOS 4º ANO | PROF. EST. |
|--|---------------|---------------|------------|
| A respiração ocorre ao nível das células e estomas.  | ++            | +             | -          |
| A respiração ocorre ao nível dos estomas.  | ++            | +             | +          |
| Na respiração o dióxido de carbono é absorvido e o oxigénio é libertado.   | ++            | +             | +          |
| O oxigénio e o dióxido de carbono intervêm de igual modo na respiração.  | +             | ++            | +          |
| O oxigénio é proveniente do dióxido de carbono.  | +             | -             | +          |
| A água e o dióxido de carbono são absorvidos no processo respiratório.   | ++            | -             | ++         |
| A água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocorra a respiração da planta.                               | +             | +             | +          |
| A água está relacionada de algum modo com a entrada de dióxido de carbono na planta.                                 | +             | -             | -          |
| O dióxido de carbono provém da água.   | -             | +             | -          |
| Os compostos orgânicos resultam do processo respiratório.  | +             | +             | +          |
| Na respiração ocorrem transferências de compostos orgânicos.   | +             | -             | -          |
| Os compostos orgânicos e o oxigénio são produtos finais da respiração.   | ++            | +             | +          |
| Os compostos orgânicos são utilizados pela planta e o oxigénio é libertado.  | ++            | +             | +          |
| O oxigénio é absorvido para que os compostos orgânicos sejam sintetizados.   | +             | +             | +          |
| As plantas respiram absorvendo o oxigénio atmosférico.   | +             | +             | +          |
| As plantas respiram devido à existência de movimentos respiratórios.   | -             | +             | -          |
| As plantas respiram realizando trocas gasosas através dos estomas das folhas.  | ++            | +             | +          |
| Relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese.   | ++            | +             | +          |
| Ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração implica o consumo e libertação de gases.                   | ++            | +             | +          |
| Ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração ocorre em organelos com uma estrutura adequada.            | +             | +             | +          |
| Ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração implica a produção de energia biológica.                   | +             | ++            | +          |
| Ao contrário do que acontece na fotossíntese na respiração ocorrem transferências de energia de moléculas orgânicas. | +             | +             | +          |

Observando atentamente o Quadro 38, pode-se concluir que no estudo realizado se registaram *concepções alternativas* que se podem agrupar nos seguintes grandes campos:

- **Concepções manifestadas de forma idêntica pelos questionados dos três grupos.** Foram as concepções de que a respiração é um processo de captação e libertação de energia; a água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocorra a respiração da planta; os compostos orgânicos resultam do processo respiratório; o oxigénio é absorvido para que os compostos orgânicos sejam sintetizados; as plantas respiram absorvendo o oxigénio atmosférico; ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração ocorre em organelos com uma estrutura adequada; ao contrário do que acontece na fotossíntese, na respiração ocorrem transferências de energia de moléculas orgânicas.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 1º ano.** Foram as concepções de que a respiração é um processo que consiste em trocas gasosas; a respiração das plantas realiza-se nas folhas; a respiração ocorre ao nível das células e estomas; na respiração o dióxido de carbono é absorvido e o oxigénio é libertado; os compostos orgânicos e o oxigénio são os produtos finais da respiração; os compostos orgânicos são utilizados pela planta e o oxigénio é libertado; a respiração ocorre ao nível dos estomas; as plantas respiram realizando trocas gasosas através dos estomas das folhas; existem relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese; ao contrário do que acontece na fotossíntese, a respiração implica o consumo e libertação de gases.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 4º ano.** Foram as concepções de que a respiração faz-se pelas folhas; o oxigénio e o dióxido de carbono intervêm de igual modo na respiração; ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração implica a produção de energia biológica.

- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos professores estagiários.** Foram as concepções de que a respiração é um processo de consumo de energia e as folhas têm um papel importante na respiração.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos dos 1º e 4º ano,** só se registou uma *concepção alternativa*: a respiração é um fenómeno que ocorre principalmente nas folhas da planta.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 1º ano e professores estagiários,** também só se registou uma concepção, segundo a qual: a água e o dióxido de carbono são absorvidos no processo respiratório.
- **Concepções manifestadas de forma bem evidente pelos alunos do 4º ano e professores estagiários.** Foram as concepções de que a respiração das plantas ocorre em células especiais e a respiração ocorre ao nível exclusivamente das mitocôndrias.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 1º ano.** Foram as concepções de que para que a respiração ocorra tem de existir fornecimento exterior de energia à planta; a respiração da planta realiza-se nas células das folhas; a água está relacionada de algum modo com a entrada de dióxido de carbono na planta; na respiração ocorrem transferências de compostos orgânicos.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 4º ano.** Foram as concepções de que o dióxido de carbono provém da água e as plantas respiram devido à existência de movimentos respiratórios.
- **Concepção manifestada só pelos alunos dos 1º e 4º anos.** Apenas se registou a *concepção alternativa* segundo a qual: os estomas são “aberturas” nas folhas por onde saem substâncias.

- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 1º ano e professores estagiários.** Foram as concepções de que os estomas absorvem substâncias do ar e o oxigênio é proveniente do dióxido de carbono.
- **Concepções manifestadas só pelos alunos do 4º ano e professores estagiários.** Foram as concepções de que a respiração é um processo de produção de moléculas orgânicas e a respiração é um processo de libertação de energia.

Salienta-se ainda que não se registaram *concepções alternativas* só evidenciadas pelos professores estagiários.

Em síntese, de um modo geral, poderemos concluir que as principais *concepções alternativas* identificadas sobre a respiração das plantas terão tido maior expressão nos alunos do 1º ano e menos nos professores estagiários, como aliás se tinha verificado para o caso da Nutrição das Plantas. No entanto, não se registou uma diferença tão grande entre os professores estagiários e os alunos do 4º ano, como a verificada no caso da Nutrição das Plantas.

#### 4.1.4. Discussão dos Resultados

Ao analisar os resultados obtidos nesta investigação com os alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários, podemos concluir que muitos dos questionados apresentam, no que diz respeito aos modos como as plantas se nutrem e respiram, *concepções correctas do ponto de vista científico* mas também *concepções alternativas*.

Neste ponto do trabalho, tentar-se-á fazer uma breve caracterização das *concepções alternativas* identificadas nos sujeitos alvo de investigação. Tentaremos ainda, sempre que possível, delinear uma explicação.

No estudo realizado, podemos constatar a manifestação de alguns traços comuns entre as *concepções alternativas* identificadas nos três grupos de questionados. Em termos gerais, esses traços são fundamentalmente caracterizados por características como as que a seguir se enunciam:

- **Natureza eminentemente pessoal.** Em consonância com Santos (1991, 1992) e Driver (1985), apercebemo-nos de que muitas das *concepções alternativas* são de facto representações próprias de cada indivíduo acerca dos processos da fotossíntese e da respiração das plantas. Este aspecto tornou-se bem evidente nas *concepções alternativas*: “O oxigénio e os glúcidos são reagentes do processo de obtenção de nutrientes pelas plantas”; “A fonte de energia que permite às plantas crescerem são os compostos químicos que absorvem”; “O oxigénio e o dióxido de carbono são identificados como nutrientes das plantas”; “A planta nutre-se absorvendo luz”; “O nutriente da planta é a clorofila”; “As raízes absorvem o alimento do solo”; “A planta nutre-se absorvendo nutrientes pelas folhas”; “A água está relacionada de algum modo com a entrada de dióxido de carbono na planta”; “O dióxido de carbono provém da água”; “Na respiração ocorrem transferências de compostos orgânicos”.

Estas concepções acabam por ser explicações muito próprias dos indivíduos, sobre aspectos mais ou menos particulares dos processos da Nutrição e Respiração das Plantas que encerram em si um grande número de pequenos fenômenos de uma extraordinária complexidade. Esta característica das *concepções alternativas* tornou-se evidente em todos os questionados, mas de um modo um pouco mais vincado nos alunos do 1º ano.

- **O seu carácter observável.** Constatámos que um grande número de *concepções alternativas* identificadas na investigação realizada têm implícita a tendência de os questionados darem explicações dos processos da Nutrição e Respiração das Plantas, somente com base no que é observável, palpável. São disso exemplo algumas das *concepções alternativas* identificadas: “A fotossíntese é um processo que ocorre só nas plantas verdes”; “A fonte de energia que permite às plantas crescerem são os nutrientes que absorvem do meio”; “A fonte de energia que permite às plantas crescerem são as substâncias que lhes são fornecidas”; “Só os nutrientes inorgânicos são fonte de energia para as plantas”; “As raízes são identificadas como órgãos que absorvem de algum modo os nutrientes ou o alimento da planta”; “As raízes são órgãos de absorção de substâncias e as folhas da libertação de substâncias”; “A respiração é um processo que consiste em trocas gasosas”; “O oxigénio e o dióxido de carbono intervêm de igual modo na respiração”.

Na realidade, trata-se de concepções principalmente relacionadas com os conceitos de nutriente e respiração. Assim, nutriente é um termo que aparece frequentemente circunscrito aos nutrientes inorgânicos das plantas, aos fertilizantes, que são habitualmente utilizados pelo homem, que os fornece às plantas. Quando a ideia se torna dominante no questionado, parece ser-lhe difícil perceber que a planta elabora os seus próprios nutrientes orgânicos, através do processo fotossintético.

Por outro lado, o conceito de respiração aparece muitas vezes associado à troca de gases, possíveis de identificar e medir com meios próprios, mas acessíveis, pelo que esta ideia torna difícil associar a respiração das plantas a um processo de oxidação de moléculas orgânicas.

- **O seu carácter particular.** Em consonância, aliás, com o estudo de Bettencourt e Amaral (1994), podemos afirmar que se manifestaram *concepções alternativas* de uma forma praticamente regular nos três grupos de questionados, devido a estes parecer atenderem apenas a alguns aspectos particulares de processos vastos e complexos como são a Nutrição e a Respiração das Plantas. Os investigados como que se concentraram em determinados factos específicos, esquecendo outros, resultando um conhecimento parcial sobre os processos da fotossíntese e da respiração celular.

As concepções onde esta situação mais se evidenciou foram as seguintes:

- “*A fotossíntese é o processo que permite que a planta respire*”. Em contexto escolar, durante o ensino formal, é, aliás, ensinado que a molécula de glicose formada na fotossíntese irá mais tarde ser responsável pelo início do processo da respiração celular. Centrados nesse facto, os questionados olham, provavelmente, para a fotossíntese como o processo que permite à planta respirar, eliminando as reacções química que até lá se processam.
- “*As plantas durante o dia libertam o oxigénio, libertando o dióxido de carbono durante a noite*”. É vulgar ensinar-se que as plantas só realizam a fotossíntese, processo através do qual se liberta oxigénio, na presença de luz solar, daí que se difunda a ideia de que as plantas libertam oxigénio durante o dia, libertando o dióxido de carbono durante a noite.
- “*As raízes absorvem os nutrientes para as folhas*”. Como é ao nível das folhas que, principalmente, ocorre a fotossíntese, que transforma a água e o dióxido de carbono em compostos orgânicos e oxigénio, tendo também

de estar presentes alguns sais minerais, em alguns dos questionados generalizou-se a ideia que os nutrientes são absorvidos para as folhas, parecendo esquecerem que as folhas também produzem nutrientes, só que orgânicos.

- “*A respiração é um processo de libertação de energia*”. Sem dúvida que através da respiração celular se forma energia biologicamente útil, o ATP, mas, até que isso aconteça, tem de ocorrer uma série de reacções de oxidação-redução que os questionados parecem não relevar.
- “*A respiração é um processo de consumo de energia*”. É dito muitas vezes aos alunos que, para que se inicie a oxidação das moléculas orgânicas, tem de haver, numa fase inicial, consumo de energia; no entanto, esse não é o aspecto que mais caracteriza a respiração celular que é efectivamente um processo onde existe, no caso da respiração aeróbia uma grande libertação de energia.
- “*A respiração ocorre ao nível exclusivamente das mitocôndrias*”. Os questionados parecem esquecer que na respiração das plantas, tal como na dos animais, ocorrem três fases, a primeira das quais, a glicólise, ocorre no citoplasma das células, ocorrendo, sim, o ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de electrões dentro da mitocôndria.
- “*As plantas respiram absorvendo o oxigénio atmosférico*”. Nesta concepção, não é feita qualquer referência aos compostos orgânicos que têm de estar presentes para que ocorram os processos de oxidação nos quais entra o oxigénio.
- “*Ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração implica o consumo e libertação de gases*”; “*Ao contrário do que acontece na fotossíntese a respiração implica a produção de energia biológica*”; “*Ao contrário do que acontece na fotossíntese na respiração ocorrem transferên-*

*cias de energia de moléculas orgânicas*". Nestas concepções, torna-se evidente a atenção por parte dos questionados apenas a alguns dos aspectos de fenómenos efectivamente muito vastos.

- **A origem de algumas das concepções alternativas na tendência dos questionados transitarem de uns significados para outros por pontes difíceis de entender.** É o caso, por exemplo, das concepções referentes à confusão identificada entre fotossíntese e respiração, manifestada de diversas formas, como o demonstram as seguintes *concepções alternativas*: “*Relações que reflectem confusão entre o gás absorvido e o libertado*” - ao nível da nutrição das plantas; “*Na respiração o dióxido de carbono é absorvido e o oxigénio é libertado*”; “*A água e o dióxido de carbono são absorvidos no processo respiratório*”; “*A água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocorra a respiração da planta*”; “*Os compostos orgânicos resultam do processo respiratório*”; “*Os compostos orgânicos e o oxigénio são produtos finais da respiração*”.

Embora estas concepções tivessem tido uma maior expressão entre os alunos do 1º ano, encontrámo-las também nos outros grupos de questionados. Salienta-se que quando os investigados transitam de uns significados para outros, por pontes difíceis de compreender, sem se aperceberem que o fizeram, se poderão ter originado *concepções alternativas* cujo teor é quase sempre indício de confusão.

- **A sua natureza antropomórfica.** Alguns dos questionados, de uma forma quase regular nos três grupos investigados, apresentam ideias relativas à Nutrição e Respiração das Plantas à imagem do que acontece com a nutrição e respiração humanas. Em concordância com Bettencourt e Amaral (1994), também nós verificámos que esta característica se manifestou sobretudo no vocabulário utilizado, em muitas das frases escritas pelos questionados.

São exemplo desta característica as seguintes *concepções alternativas* identificadas: “*A obtenção de glúcidos pela planta, a partir do exterior, vai fornecer-lhe energia*” - à semelhança do que acontece na alimentação humana; “*Os nutrientes das plantas são vários*” - como acontece com o homem e muitos outros seres vivos, sobretudo animais; “*A respiração das plantas realiza-se nas folhas*”; “*A respiração faz-se pelas folhas*”; “*As folhas têm um papel importante na respiração*” - como se as folhas fossem órgãos de ventilação, à semelhança dos pulmões próprios dos humanos!

O facto de os alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários atribuírem um significado diferente do que é aceite pela comunidade científica a palavras, conceitos ou ideias pode ter estado na origem das contradições, mais evidentes, surgidas nos resultados ao longo do trabalho. Contradições essas que se prendem especialmente com o modo de obtenção de nutrientes orgânicos pelas plantas e com o modo como estas respiram.

Torna-se evidente que, para a maioria dos questionados, é difícil fazer a distinção entre nutrição orgânica e nutrição inorgânica ou mineral, quando confrontados com questões relativas ao Modo Como as Plantas se Nutrem.

Por outro lado, parece ser igualmente difícil para os questionados entenderem que as plantas respiram realizando uma série de processos a nível celular, de uma forma muito semelhante, aliás, ao que acontece na respiração da maioria dos seres vivos animais e que, de facto, o Modo Como se Realiza a Respiração nas Plantas não se resume a fenómenos de trocas gasosas realizados ao nível das folhas.

## 4.2. FORMAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E MUDANÇAS NO PROFESSOR INICIANTE: UMA ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO

Neste ponto do trabalho, serão apresentadas, analisadas e discutidas as *concepções científicas e alternativas* recolhidas e identificadas nos professores estagiários, do grupo participante na abordagem interventiva do nosso trabalho, aquando das suas respostas aos pontos um relativos à relação entre termos ou por meio de frases sintéticas e dois relativos à escolha de opção(ões) de resposta, bem como os resultados referentes à apreciação dos mapas de conceitos por si elaborados, ao darem respostas aos pontos três, das Partes I e II dos primeiro e segundo questionários aplicados (Anexo III).

Serão ainda apresentados e analisados os resultados das entrevistas efectuadas aos professores estagiários, como actividades reflexivas, que nos permitiram aprofundar e clarificar, nomeadamente algumas das suas *concepções científicas e alternativas* relativas aos temas da Nutrição e da Respiração das Plantas e, por outro lado, conhecer algumas das suas opiniões, especialmente em relação ao trabalho realizado.

Salientamos, também neste ponto, que um dos objectivos da investigação, como já tivemos ocasião de referir, era identificar, sempre que possível, as *concepções científicas e alternativas*, relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, pelo que outras concepções que, de algum modo, ultrapassaram o âmbito do estudo efectuado, não serão alvo de tratamento, uma vez que, por si só, constituiriam tema para outra investigação.

#### 4.2.1. Resultados e Análise do Questionário - Parte I:

##### Nutrição das Plantas

Com base na análise do Quadro 39 que resume as *concepções científicas* (c.c.) e *alternativas* (c.a.) identificadas nos pontos um e dois da Parte I, relativa ao Modo como as Plantas se Nutrem, dos primeiro e segundo questionários aplicados aos três professores estagiários do grupo interveniente, é possível concluir que efectivamente se manifestaram uma série de *concepções científicas e alternativas*, configuradas em classes de concepções, semelhantes às estabelecidas aquando do tratamento das respostas dos sujeitos investigados, na fase precedente, alunos dos 1º e 4º anos e professores estagiários.

Deste modo, no que diz respeito ao **professor estagiário 1**, podemos referir que manifestou, nos pontos um, tanto do primeiro questionário (respondido antes do contacto directo com os conteúdos programáticos da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”) como do segundo questionário (respondido depois do contacto directo com os conteúdos programáticos, da referida unidade programática), praticamente o mesmo tipo de *concepções científicas e alternativas*.

Assim, as *concepções científicas* identificadas ao ter relacionado pares de termos, por forma a explicar o modo como as plantas se nutrem, foram as que se prendem com as ideias de que “os nutrientes orgânicos são identificados como fonte de energia”; “os glúcidos são fonte de energia química”; “os sais minerais são nutrientes”; “a luz forma a clorofila”; “as raízes absorvem os sais minerais e a água do solo”.

Quadro 39

*Concepções Científicas e Alternativas Identificadas no Ponto 1. e Ponto 2. da Parte 1 dos Questionários Aplicados aos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo*

| Prof Est   | Pontos 1. e 2. do Questionário                     | Concepções Científicas e Alternativas Identificadas |                 |  |
|--|--|---|-----------------|--|
|  | 1. Pares de Termos a Relacionar                    | 1º Questionário                                     | 2º Questionário |  |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>1      | 1.1. Fotossíntese / Nutrientes                     | c.a. B  | c.a. B          |  |
|  | 1.2. Nutrientes / Energia                          | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.3. Água / Dióxido de carbono                     | NR  | NR              |  |
|  | 1.4. Oxigénio / Dióxido de carbono                 | c.a. D  | NR              |  |
|  | 1.5. Oxigénio / Glúcidos                           | c.a. E  | c.a. E          |  |
|  | 1.6. Energia / Glúcidos                            | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.7. Sais minerais/ Nutrientes                     | c.c. B  | c.c. B          |  |
|  | 1.8. Luz / Clorofila                               | c.c. C  | c.c. C          |  |
|  | 1.9. Solo / Raízes                                 | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.10. Ar / Folhas                                  | c.a. F  | c.a. F          |  |
|  | 1.11. Raízes / Folhas                              | c.a. G  | c.a. G          |  |
|  | 1.12. Outro(s) par(es) de termos                   | NR  | NR              |  |
|  | <b>2. Afirmações a Completar ...</b>               |   |                 |  |
|  | 2.1. A fotossíntese é ...                          | c.c. - 2ª opção                                     | c.c. - 2ª opção |  |
| 2.2. A fonte de energia que permite às plantas crescerem ... | c.a. - 2ª opção                                    | c.c. - 3ª opção                                     |                 |  |
| 2.3. A planta nutre-se ...                                   | c.c. - 4ª opção                                    | c.c. - 5ª opção                                     |                 |  |
| 2.4. O(s) nutriente(s) da planta é/são ...                   | c.a. - 2ª opção e c.c. 7ª opção                    | c.c. - 5ª opção e c.c. 7ª opção                     |                 |  |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>2      | 1.1. Fotossíntese / Nutrientes                     | c.a. B  | c.c. A          |  |
|  | 1.2. Nutrientes / Energia                          | c.a. C  | c.a. C          |  |
|  | 1.3. Água / Dióxido de carbono                     | c.a. E  | c.a. F          |  |
|  | 1.4. Oxigénio / Dióxido de carbono                 | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.5. Oxigénio / Glúcidos                           | c.a. E  | c.c. A          |  |
|  | 1.6. Energia / Glúcidos                            | c.a. D  | NR              |  |
|  | 1.7. Sais minerais/ Nutrientes                     | c.a. G  | c.a. F          |  |
|  | 1.8. Luz / Clorofila                               | c.c. B  | c.c. B          |  |
|  | 1.9. Solo / Raízes                                 | c.a. G  | c.a. G          |  |
|  | 1.10. Ar / Folhas                                  | c.a. G  | c.a. F          |  |
|  | 1.11. Raízes / Folhas                              | c.a. E  | c.a. F          |  |
|  | 1.12. Outro(s) par(es) de termos                   | NR  | NR              |  |
|  | <b>2. Afirmações a Completar ...</b>               |   |                 |  |
|  | 2.1. A fotossíntese é ...                          | c.a. - 5ª opção                                     | c.c. - 2ª opção |  |
| 2.2. A fonte de energia que permite às plantas crescerem ... | c.a. - 4ª opção                                    | c.a. - 4ª opção                                     |                 |  |
| 2.3. A planta nutre-se ...                                   | c.c. - 5ª opção                                    | c.c. - 5ª opção                                     |                 |  |
| 2.4. O(s) nutriente(s) da planta é/são ...                   | c.a. - 2ª opção, c.a. - 3ª opção e c.c. - 7ª opção | c.a. - 2ª opção e c.c. - 7ª opção                   |                 |  |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>3      | 1.1. Fotossíntese / Nutrientes                     | c.c. A  | c.a. B          |  |
|  | 1.2. Nutrientes / Energia                          | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.3. Água / Dióxido de carbono                     | c.a. F  | c.a. F          |  |
|  | 1.4. Oxigénio / Dióxido de carbono                 | c.a. F  | c.a. F          |  |
|  | 1.5. Oxigénio / Glúcidos                           | c.a. C  | c.a. E          |  |
|  | 1.6. Energia / Glúcidos                            | c.c. A  | c.c. A          |  |
|  | 1.7. Sais minerais/ Nutrientes                     | c.c. B  | c.c. B          |  |
|  | 1.8. Luz / Clorofila                               | c.c. C  | c.a. D          |  |
|  | 1.9. Solo / Raízes                                 | c.a. E  | c.c. B          |  |
|  | 1.10. Ar / Folhas                                  | c.c. C  | c.c. C          |  |
|  | 1.11. Raízes / Folhas                              | c.a. E  | c.a. G          |  |
|  | 1.12. Outro(s) par(es) de termos                   | NR  | NR              |  |
|  | <b>2. Afirmações a Completar ...</b>               |   |                 |  |
|  | 2.1. A fotossíntese é ...                          | c.a. - 5ª opção                                     | c.a. - 1ª opção |  |
| 2.2. A fonte de energia que permite às plantas crescerem ... | c.a. - 4ª opção                                    | c.a. - 2ª opção                                     |                 |  |
| 2.3. A planta nutre-se ...                                   | c.c. - 5ª opção                                    | c.c. - 5ª opção                                     |                 |  |
| 2.4. O(s) nutriente(s) da planta é/são ...                   | c.a. - 2ª opção, c.c. - 5ª opção e c.c. - 7ª opção | c.a. - 2ª opção, c.c. - 5ª opção e c.c. - 7ª opção  |                 |  |

Legenda: c.c. - concepção científica; c.a. - concepção alternativa; NR - não respondeu.

Como exemplo, atenda-se à seguinte frase por si redigida no primeiro questionário, ilustrativa de uma das *concepções científicas* manifestadas: “*É através das raízes que as plantas se seguram ao solo e extraem a água e os sais minerais*”.

As *concepções alternativas* manifestadas foram as seguintes: “os nutrientes são necessários para realizar a fotossíntese”; “relações que reflectem confusão entre o gás absorvido e o libertado no processo” - no primeiro questionário; “as folhas são os locais na planta onde se efectuam as trocas gasosas”.

Exemplificando, temos a seguinte frase que escreveu no segundo questionário, ilustrativa de uma *concepção alternativa*: “*A fotossíntese não se poderia realizar sem a utilização de nutrientes*”.

No que diz respeito aos pontos dois dos questionários, verificámos que o professor estagiário, no primeiro questionário escolheu três opções de resposta de acordo com *concepções científicas* e duas de acordo com *concepções alternativas*, enquanto que no segundo questionário apenas escolheu opções de resposta de acordo com *concepções científicas*.

Relativamente ao **professor estagiário 2**, na relação que estabeleceu em pares de termos por forma a explicar o Modo como as Plantas se Nutrem, identificámos no primeiro questionário apenas duas *concepções científicas*: “durante a fotossíntese a planta absorve dióxido de carbono e liberta oxigénio” e “a clorofila é responsável pela absorção da luz”, contra nove *concepções alternativas*, de que são exemplo as seguintes: “os nutrientes são necessários para realizar a fotossíntese”; “os nutrientes inorgânicos são fonte de energia para as plantas”; “relações que reflectem confusão entre fotossíntese e respiração”; “os glúcidos não são considerados como uma forma de energia química”; “os sais minerais e os nutrientes são absorvidos pelas raízes para nutrição das plantas”; “as raízes absorvem os nutrientes para as folhas”.

Registou-se ainda uma certa dificuldade, da sua parte, em relacionar termos por forma a explicar a nutrição das plantas.

A seguinte frase redigida no primeiro questionário é ilustrativa de uma das *concepções alternativas* identificadas: “As plantas, ao realizarem a fotossíntese, consomem  $CO_2$  e libertam  $H_2O$ ”.

No que diz respeito ao segundo questionário, verificámos que, basicamente, o professor estagiário manteve as mesmas *concepções científicas* que já tinham sido evidenciadas no primeiro questionário, tendo, no entanto, alterado algumas das suas *concepções alternativas* para outras ainda alternativas, mas também algumas *científicas*.

Como exemplo, temos a seguinte frase exemplificativa de uma das *concepções científicas* que se manifestou pela primeira vez no segundo questionário: “Na fotossíntese além de haver uma libertação de  $O_2$  há também a síntese de glúcidos”.

Nas respostas aos pontos dois dos questionários, o referido professor escolheu opções de resposta concordantes com *concepções científicas*, mas também denunciadoras de *concepções alternativas*, como se pode constatar no Quadro 39.

No que concerne ao professor estagiário 3, pode verificar-se, a partir da leitura atenta do Quadro 39, ter sido o que evidenciou mais *concepções científicas* no primeiro questionário, tais como: “a planta obtém nutrientes orgânicos através da fotossíntese”; “os nutrientes orgânicos são identificados como fonte de energia”; “os glúcidos são fonte de energia química”; “os sais minerais são nutrientes”; “a luz forma a clorofila”; “a folhas são órgãos anatómicos relacionados com a entrada e saída de ar”.

As *concepções alternativas* identificadas neste professor estagiário dizem respeito principalmente às ideias de que “o oxigénio e os glúcidos são reagentes do pro-

cesso de obtenção de nutrientes pelas plantas”; “as raízes absorvem todos os nutrientes da planta do solo” e “as raízes absorvem os nutrientes para as folhas”.

No segundo questionário, o professor estagiário manteve, com excepção de duas, as mesmas *concepções científicas* e alterou uma das *concepções alternativas* que tinha sido identificada no primeiro questionário para uma nova *concepção científica*, ao relacionar os termos solo e raízes. Relativamente às *concepções alternativas*, verificou-se que manteve algumas delas, tendo alterado outras.

A frase: “No solo estão as raízes das plantas que vão obter alguns nutrientes”, escrita no segundo questionário, é ilustrativa de uma das *concepções científicas* que se evidenciaram pela primeira vez no segundo questionário.

Nas respostas aos pontos dois dos questionários, também este professor estagiário escolheu opções de resposta que evidenciaram *concepções científicas e alternativas*.

O Quadro 40 fornece-nos dados que nos permitem concluir que, de um modo geral, do primeiro para o segundo questionário os professores estagiários terão abandonado algumas das suas *concepções alternativas*, manifestando mais *concepções científicas*. Somos levados a pensar que o contacto directo, e necessariamente mais reflexivo, que estabeleceram com os conteúdos programáticos da fotossíntese, com a intenção de se prepararem para a leccionação dos referidos conteúdos aos alunos, os terá ajudado no sentido de um melhor domínio de determinados conteúdos científicos. Esta evidência parece, no entanto, menos notória no professor estagiário 3.

Quadro 40

*Quadro-Síntese do N.º de Concepções Científicas e Alternativas Identificadas nos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo na Parte I dos Questionários Aplicados*

| Prof         | 1º Questionário           |          |                           |          | 2º Questionário           |          |                           |          |
|--------------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
|              | N.º de c.c. identificadas |          | N.º de c.a. identificadas |          | N.º de c.c. identificadas |          | N.º de c.a. identificadas |          |
|              | Ponto 1.                  | Ponto 2. |
| <b>Est 1</b> | 5                         | 3        | 5                         | 2        | 5                         | 5        | 4                         | 0        |
|              | NR = 2                    |          |                           |          | NR = 3                    |          |                           |          |
| <b>Est 2</b> | 2                         | 2        | 9                         | 4        | 4                         | 3        | 6                         | 2        |
|              | NR = 1                    |          |                           |          | NR = 2                    |          |                           |          |
| <b>Est 3</b> | 6                         | 3        | 5                         | 3        | 5                         | 3        | 6                         | 3        |
|              | NR = 1                    |          |                           |          | NR = 1                    |          |                           |          |

No que se refere aos mapas de conceitos elaborados pelos professores estagiários no primeiro questionário a que deram respostas, pode verificar-se com base no Quadro 41, que se registou um melhor desempenho por parte do professor estagiário 2. Na verdade, o mapa de conceitos deste professor estagiário caracterizava-se por apresentar um nível elevado de utilização de um conjunto de conceitos chave, de palavras de ligação entre os conceitos e do estabelecimento de hierarquias entre os conceitos. Apesar disso, registou-se uma grande dificuldade no estabelecimento de cruzamentos entre conceitos pertencentes a partes diferentes do mapa, pelo que, neste parâmetro de avaliação, obteve reduzido. Teve, ainda assim, uma classificação global de 16 pontos, a que corresponde um nível de médio/elevado.

Quadro 41

*Quadro-Resumo dos Resultados Obtidos com Base na Análise dos Mapas de Conceitos Relativos à Nutrição das Plantas dos Professores Estagiários de Montemor-o-Novo*

| Parâmetros dos M.C | 1º Questionário   |                             |                        |                        | 2º Questionário  |                             |                        |                        |
|--------------------|---|-----------------------------|------------------------|------------------------|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                    | Utiliza um conj. de conceitos chave                                     | Utiliza palavras de ligação | Estabelece hierarquias | Estabelece cruzamentos | Utiliza um conj. de conceitos chave                                  | Utiliza palavras de ligação | Estabelece hierarquias | Estabelece cruzamentos |
| Prof Est 1         | Médio-3   | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             | Elevado-5  | Elevado-5                   | Elevado-5              | Reduzido-1             |
|                    | Classificação global - 10<br>Classificação médio - 2,5 (Reduzido/Médio) |                             |                        |                        | Classificação global - 16<br>Classificação médio - 4 (Médio/Elevado) |                             |                        |                        |
| Prof Est 2         | Elevado-5   | Elevado-5                   | Elevado-5              | Reduzido-1             | Elevado-5  | Elevado-5                   | Elevado-5              | Reduzido-1             |
|                    | Classificação global - 16<br>Classificação médio - 4 (Médio/Elevado)    |                             |                        |                        | Classificação global - 16<br>Classificação médio - 4 (Médio/Elevado) |                             |                        |                        |
| Prof Est 3         | Elevado-5   | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             | Elevado-5  | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             |
|                    | Classificação global - 12<br>Classificação médio - 3 (Médio)            |                             |                        |                        | Classificação global - 12<br>Classificação médio - 3 (Médio)         |                             |                        |                        |

O professor estagiário 1 obteve, por seu lado, uma classificação global de 10 pontos no seu mapa de conceitos, a que corresponde um nível de reduzido/médio.

O professor estagiário 3, por sua vez, obteve uma classificação global de 12 pontos no mapa elaborado, o que quer dizer que realizou um mapa de conceitos com um nível médio.

Como exemplo, apresentamos na Figura 43, um mapa de conceitos construído no primeiro questionário pelo professor estagiário 1.

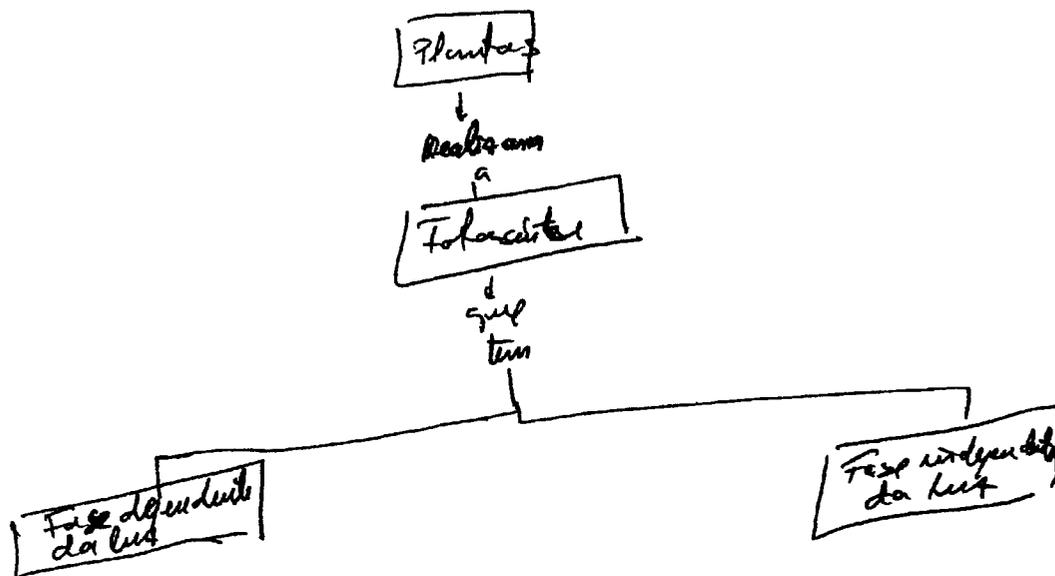


Figura 43 - Mapa de Conceitos Construído no Primeiro Questionário, Relativo à Nutrição das Plantas, pelo Professor Estagiário 1

No segundo questionário, respondido pelos professores estagiários depois do seu contacto directo com os conteúdos programáticos relativos à fotossíntese, de um modo geral, como se pode constatar mais uma vez pela análise do Quadro 41, os desempenhos dos **professores estagiários 2 e 3** mantiveram-se, ao passo que o desempenho do **professor estagiário 1** melhorou consideravelmente, conseguindo elaborar um mapa de conceitos com um nível médio/elevado.

A título ilustrativo, apresentamos de seguida, o mapa de conceitos elaborado pelo **professor estagiário 2**, no segundo questionário.

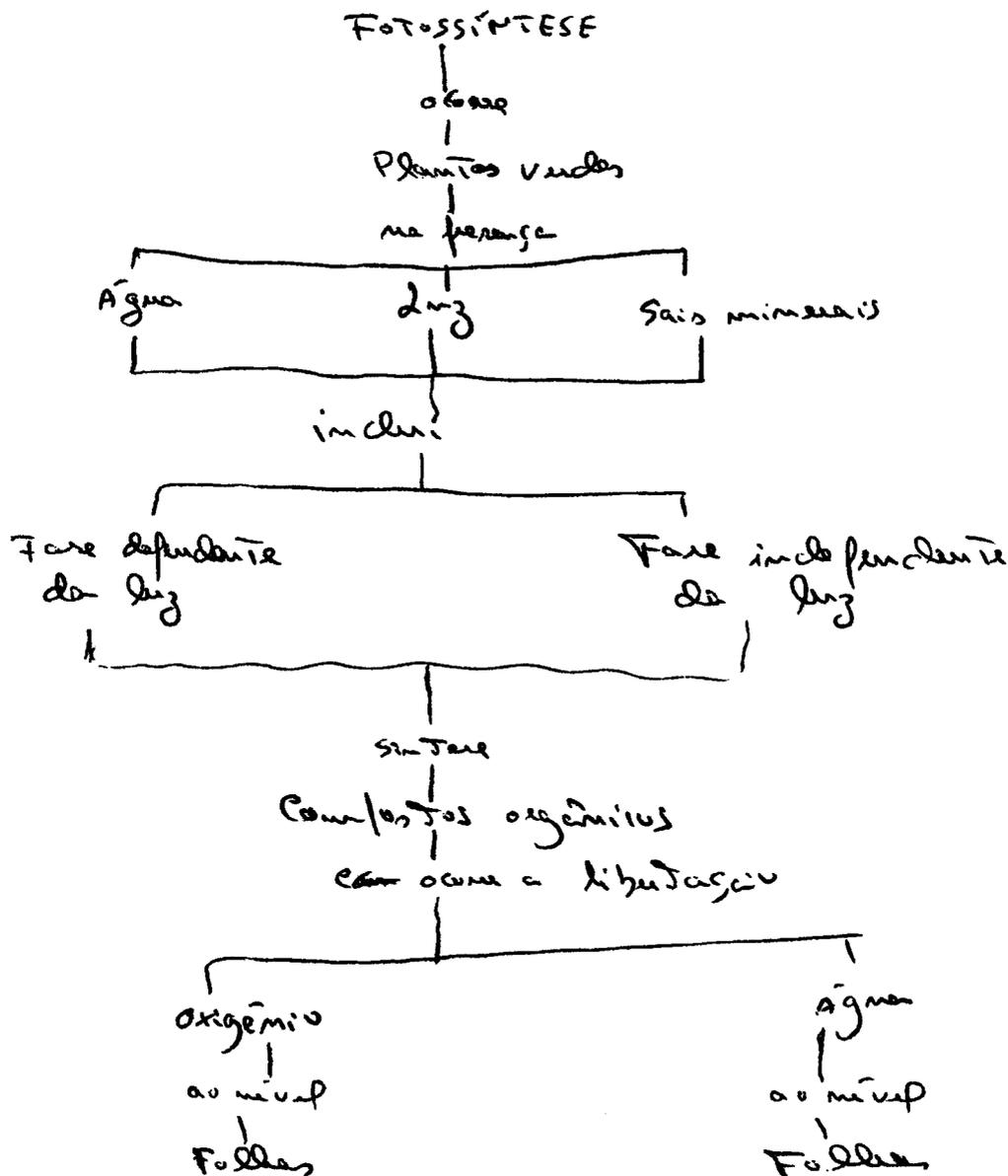


Figura 44 - Mapa de Conceitos Construído no Segundo Questionário, Relativo à Nutrição das Plantas, pelo Professor Estagiário 2

É evidente que a análise dos mapas de conceitos nos proporcionou identificar concepções científicas e alternativas que foram, desse modo, manifestadas pelos professores estagiários, não tendo, no entanto, sido manifestada nenhuma concepção que não tivesse sido já identificada nas frases escritas e nas opções de resposta seleccionadas anteriormente pelos questionados.

#### 4.2.2. Resultados e Análise do Questionário - Parte II:

##### Respiração das Plantas

Tendo como suporte os dados do Quadro 42, que resume as *concepções científicas* (c.c.) e *alternativas* (c.a.) identificadas nos pontos um e dois da Parte II, relativa ao Modo como se Realiza a Respiração nas Plantas, dos primeiro e segundo questionários aplicados aos três professores estagiários do grupo interveniente, torna-se possível identificar uma série de *concepções científicas e alternativas*, configuradas em classes de concepções, semelhantes às estabelecidas aquando do tratamento das respostas dos sujeitos investigados na primeira fase do estudo.

Desta forma, e no que se prende com o **professor estagiário 1**, pode concluir-se que manifestou, nos pontos um, de ambos os questionário respondidos, um número mais elevado de *concepções científicas* que *alternativas*.

As *concepções científicas* evidenciadas foram: “a respiração é um processo vital que ocorre nas plantas”; “a respiração das plantas ocorre nas células em estruturas especializadas”; “para que ocorra a respiração é necessária energia”; “a respiração é um processo onde se dão trocas gasosas”; “os estomas permitem trocas gasosas entre a planta e o ar que as rodeia”; “durante a respiração as plantas absorvem o oxigénio e libertam dióxido de carbono”; “os compostos orgânicos são fonte de energia”.

Quadro 42

*Concepções Científicas e Alternativas Identificadas no Ponto 1. e Ponto 2. da Parte II dos Questionários Aplicados aos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo*

| Prof Est  | Pontos 1. e 2. do Questionário        |   | Concepções Científicas e Alternativas Identificadas |                 |
|---|---------------------------------------|---|---|-----------------|
|   | 1. Pares de Termos a Relacionar       |   | 1º Questionário                                     | 2º Questionário |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>1 | 1.1. Respiração / Planta              |   | c.c. B  | NR              |
|   | 1.2. Célula / Respiração              |   | c.c. C  | c.c. C          |
|   | 1.3. Respiração / Energia             |   | c.c. B  | c.c. A          |
|   | 1.4. Trocas gasosas / Respiração      |   | c.c. C  | c.c. C          |
|   | 1.5. Respiração / Folhas              |   | c.a. C  | c.a. F          |
|   | 1.6. Ar / Estomas                     |   | c.c. B  | NR              |
|   | 1.7. Oxigénio / Dióxido de carbono    |   | c.c. A  | c.c. A          |
|   | 1.8. Água / Dióxido de carbono        |   | c.a. C  | c.a. G          |
|   | 1.9. Respiração / Compostos orgânicos |   | c.a. F  | c.c. A          |
|   | 1.10. Compostos orgânicos / Oxigénio  |   | c.a. E  | c.c. A          |
|   | 1.11. Energia / Compostos orgânicos   |   | c.c. B  | c.c. A          |
|   | 1.12. Outro(s) par(es) de termos      |   | NR  | NR              |
|   | 2. Afirmações a Completar ...         |   |   |                 |
|   | 2.1. A respiração é ...               |   | c.c. - 5ª opção                                     | c.c. - 5ª opção |
|   | 2.2. A respiração ocorre ...          |   | c.a. - 3ª opção                                     | c.a. - 3ª opção |
|   | 2.3. As plantas respiram ...          |   | c.a. - 3ª opção                                     | c.c. - 5ª opção |
| 2.4. Ao contrário do que acontece na fotossíntese ...   |                                       | c.a. - 3ª opção e<br>c.c. - 5ª opção    | c.c. - 5ª opção                                     |                 |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>2 | 1.1. Respiração / Planta              |   | c.a. E  | c.a. D          |
|   | 1.2. Célula / Respiração              |   | c.a. F  | c.a. F          |
|   | 1.3. Respiração / Energia             |   | c.c. B  | c.c. A          |
|   | 1.4. Trocas gasosas / Respiração      |   | c.a. D  | c.a. D          |
|   | 1.5. Respiração / Folhas              |   | c.a. D  | c.a. D          |
|   | 1.6. Ar / Estomas                     |   | c.c. B  | c.c. B          |
|   | 1.7. Oxigénio / Dióxido de carbono    |   | c.a. B  | c.c. A          |
|   | 1.8. Água / Dióxido de carbono        |   | c.a. F  | c.c. A          |
|   | 1.9. Respiração / Compostos orgânicos |   | c.c. C  | c.c. A          |
|   | 1.10. Compostos orgânicos / Oxigénio  |   | c.a. F  | c.c. A          |
|   | 1.11. Energia / Compostos orgânicos   |   | c.a. D  | c.c. A          |
|   | 1.12. Outro(s) par(es) de termos      |   | NR  | NR              |
|   | 2. Afirmações a Completar ...         |   |   |                 |
|   | 2.1. A respiração é ...               |   | c.a. - 4ª opção                                     | c.a. - 4ª opção |
|   | 2.2. A respiração ocorre ...          |   | c.a. - 1ª opção                                     | c.a. - 1ª opção |
|   | 2.3. As plantas respiram ...          |   | c.a. - 3ª opção                                     | c.a. - 3ª opção |
| 2.4. Ao contrário do que acontece na fotossíntese ...   |                                       | c.a. - 2ª, c.a. 4ª e<br>c.c. - 5ª opção | c.a. - 4ª opção                                     |                 |
| E<br>S<br>T<br>A<br>G<br>I<br>Á<br>R<br>I<br>O<br><br>3 | 1.1. Respiração / Planta              |   | c.c. B  | c.c. B          |
|   | 1.2. Célula / Respiração              |   | c.c. B  | c.c. B          |
|   | 1.3. Respiração / Energia             |   | c.c. B  | c.c. A          |
|   | 1.4. Trocas gasosas / Respiração      |   | c.c. C  | c.a. D          |
|   | 1.5. Respiração / Folhas              |   | c.a. B  | c.a. B          |
|   | 1.6. Ar / Estomas                     |   | c.c. A  | c.c. D          |
|   | 1.7. Oxigénio / Dióxido de carbono    |   | c.a. F  | c.a. F          |
|   | 1.8. Água / Dióxido de carbono        |   | c.a. G  | c.a. G          |
|   | 1.9. Respiração / Compostos orgânicos |   | c.c. C  | c.c. C          |
|   | 1.10. Compostos orgânicos / Oxigénio  |   | c.a. D  | c.a. F          |
|   | 1.11. Energia / Compostos orgânicos   |   | c.c. B  | c.c. B          |
|   | 1.12. Outro(s) par(es) de termos      |   | NR  | NR              |
|   | 2. Afirmações Incompletas ...         |   |   |                 |
|   | 2.1. A respiração é ...               |   | c.a. - 1ª opção                                     | c.a. - 1ª opção |
|   | 2.2. A respiração ocorre ...          |   | c.a. - 1ª opção                                     | c.c. - 4ª opção |
|   | 2.3. As plantas respiram ...          |   | c.a. - 3ª opção                                     | c.a. - 3ª opção |
| 2.4. Ao contrário do que acontece na fotossíntese ...   |                                       | c.a. - 1ª opção e<br>c.c. - 5ª opção    | c.a. - 1ª opção                                     |                 |

Legenda: c.c. - concepção científica; c.a. - concepção alternativa; NR - não respondeu.

As principais *concepções alternativas* identificadas foram do tipo: “a respiração faz-se pelas folhas”; “a água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocorra a respiração das plantas”; “o oxigénio é absorvido para que os compostos orgânicos sejam sintetizados”.

No segundo questionário, o professor estagiário manteve muitas das suas *concepções* iniciais; no entanto, também se registaram diferenças no sentido da alteração de *concepções científicas*, para outras *concepções científicas*, e de *concepções alternativas* para *concepções científicas*. Registaram-se ainda alterações de *concepções alternativas* para outras também alternativas. A frase: “A respiração realiza-se nas mitocôndrias das células” é exemplificativa de uma *concepção alternativa* que só se manifestou no segundo questionário.

No que diz respeito aos pontos dois dos questionários, torna-se evidente o facto de o professor ter manifestado na escolha das opções de resposta mais *concepções científicas* no segundo questionário.

Relativamente ao professor estagiário 2, pode verificar-se (Quadro 42) que no primeiro questionário só se manifestaram três *concepções científicas*, concordes com as seguintes ideias: “para que ocorra a respiração é necessária energia”; “os estomas permitem trocas gasosas entre a planta e o ar que a rodeia”; “os compostos orgânicos são importantes na respiração”. Quanto a *concepções alternativas*, foram identificadas oito, de que se destaca: “a respiração é um processo que consiste em trocas gasosas”; “a respiração das plantas ocorre em células especiais”; “é nas folhas das plantas que ocorre principalmente a respiração”; “na respiração o dióxido de carbono é absorvido e o oxigénio é libertado”; “relações que reflectem confusão entre respiração e fotossíntese”. A seguinte frase, redigida pelo professor estagiário no primeiro questionário, é ilustrativa de um dos tipos de *concepções alternativas* identificadas: “O oxigénio é libertado para a atmosfera porque houve um longo processo em que participou o  $CO_2$ ”.

Do primeiro para o segundo questionário registou-se uma evolução no que diz respeito ao maior número de *concepções científicas* identificadas. Registaram-se ainda alterações de *concepções científicas* para outras também científicas e a manutenção de muitas das *concepções alternativas* que se tinham registado no primeiro questionário. O mais notório foi, no entanto, o aparecimento de novas *concepções científicas* como a que está subjacente à frase: “O oxigénio é indispensável para a realização da respiração aeróbia e o CO<sub>2</sub> é libertado”.

No que diz respeito aos pontos dois dos questionários, salienta-se o facto de apenas no primeiro questionário se ter manifestado uma *concepção científica*.

No que diz respeito ao **professor estagiário 3**, é de salientar o elevado número de *concepções científicas* manifestadas nos pontos uns dos dois questionários. As *concepções científicas* evidenciadas foram: “a respiração é um processo que ocorre nas plantas”; “a respiração é um processo vital”; “para que ocorra a respiração é necessário energia”; “a respiração é um processo de obtenção de energia”; “a respiração é um processo onde se dão trocas gasosas”; “a entrada e saída de ar na planta é controlada pelos estomas”; “os compostos orgânicos são importantes na respiração”; “os compostos orgânicos são fonte de energia”.

Do primeiro para o segundo questionário, registou-se a passagem de uma *concepção científica* para uma alternativa e a passagem de *concepções científicas* para outras também científicas.

As *concepções alternativas* evidenciadas no primeiro questionário estavam sobretudo associadas à ideia de que “a respiração nas plantas se realiza nas folhas” e “os compostos orgânicos são utilizados pela planta e o oxigénio é libertado”.

No segundo questionário, surge pela primeira vez a *concepção alternativa*: “a respiração é um processo de trocas gasosas”.

Nos pontos dois dos questionários, só se manifestou uma *concepção científica* tanto no primeiro como no segundo questionário.

Com base no Quadro 43, pode verificar-se que, efectivamente, se registaram mais *concepções científicas* e menos alternativas dos primeiros para os segundos questionários, tanto no **professor estagiário 1** como no **professor estagiário 2**. Parece que, para estes professores estagiários, o facto de terem tido contacto directo com os conteúdos programáticos da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”, no sentido de se documentarem com o objectivo de poderem leccionar os conteúdos programáticos aos alunos, lhes terá proporcionado a assimilação de mais *concepções científicas*. O mesmo não nos parece poder inferir acerca do **professor estagiário 3**, que acabou por evidenciar praticamente equivalente número de *concepções científicas e alternativas*, nos dois questionários.

Quadro 43

*Quadro-Síntese do N.º de Concepções Científicas e Alternativas Identificadas nos Professores Estagiários da Escola Secundária de Montemor-o-Novo na Parte II dos Questionários Aplicados*

| Prof<br>Est | 1º Questionário              |          |                              |          | 2º Questionário              |          |                              |          |
|-------------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|------------------------------|----------|
|             | N.º de c.c.<br>identificadas |          | N.º de c.a.<br>identificadas |          | N.º de c.c.<br>identificadas |          | N.º de c.a.<br>identificadas |          |
|             | Ponto 1.                     | Ponto 2. |
| Est 1       | 7                            | 2        | 4                            | 3        | 7                            | 3        | 2                            | 1        |
|             | NR = 1                       |          |                              |          | NR = 3                       |          |                              |          |
| Est 2       | 3                            | 1        | 8                            | 5        | 7                            | 0        | 4                            | 4        |
|             | NR = 1                       |          |                              |          | NR = 1                       |          |                              |          |
| Est 3       | 7                            | 1        | 4                            | 4        | 6                            | 1        | 5                            | 3        |
|             | NR = 1                       |          |                              |          | NR = 1                       |          |                              |          |

Relativamente aos mapas de conceitos construídos pelos professores estagiários no primeiro questionário, podemos constatar, através do Quadro 44, que os **professores estagiários 2 e 3** tiveram um desempenho nessa tarefa semelhante, já

que os seus mapas de conceitos apresentam um nível elevado de utilização de um conjunto de conceitos chave, um nível médio de utilização de palavras de ligação entre os conceitos, um nível médio de estabelecimentos de hierarquias entre os conceitos usados e um nível reduzido de cruzamentos entre conceitos pertencentes a partes diferentes dos mapas de conceitos. Por isso os seus mapas apresentaram uma classificação global de 12 pontos, a que corresponde um nível de médio.

O professor estagiário 1 não conseguiu de forma satisfatória utilizar um conjunto de conceitos chave na elaboração do seu mapa de conceitos, esse facto fez com que lhe tivesse sido atribuída a classificação global de seis pontos, a que corresponde um nível reduzido de consecução do mapa de conceitos.

Quadro 44

*Quadro-Resumo dos Resultados Obtidos com Base na Análise dos Mapas de Conceitos Relativos à Respiração das Plantas dos Professores Estagiários de Montemor-o-Novo*

| Parâmetros dos M.C.<br>Prof Est | 1º Questionário  |                             |                        |                        | 2º Questionário  |                             |                        |                        |
|---------------------------------|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                                 | Utiliza um conj. de conceitos chave                              | Utiliza palavras de ligação | Estabelece hierarquias | Estabelece cruzamentos | Utiliza um conj. de conceitos chave                                  | Utiliza palavras de ligação | Estabelece hierarquias | Estabelece cruzamentos |
| Prof Est 1                      | Médio-3  | Reduzido-1                  | Reduzido-1             | Reduzido-1             | Elevado-5  | Médio-3                     | Médio-3                | Médio-3                |
|                                 | Classificação global – 6<br>Classificação médio – 1,5 (Reduzido) |                             |                        |                        | Classificação global – 14<br>Classificação médio – 3,5 (Médio)       |                             |                        |                        |
| Prof Est 2                      | Elevado-5  | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             | Elevado-5  | Elevado-5                   | Elevado-5              | Reduzido-1             |
|                                 | Classificação global – 12<br>Classificação médio – 3 (Médio)     |                             |                        |                        | Classificação global – 16<br>Classificação médio – 4 (Médio/Elevado) |                             |                        |                        |
| Prof Est 3                      | Elevado-5  | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             | Elevado-5  | Médio-3                     | Médio-3                | Reduzido-1             |
|                                 | Classificação global – 12<br>Classificação médio – 3 (Médio)     |                             |                        |                        | Classificação global – 12<br>Classificação médio – 3 (Médio)         |                             |                        |                        |

A título de exemplificação, apresenta-se um mapa de conceitos construído, no primeiro questionário, pelo professor estagiário 3.

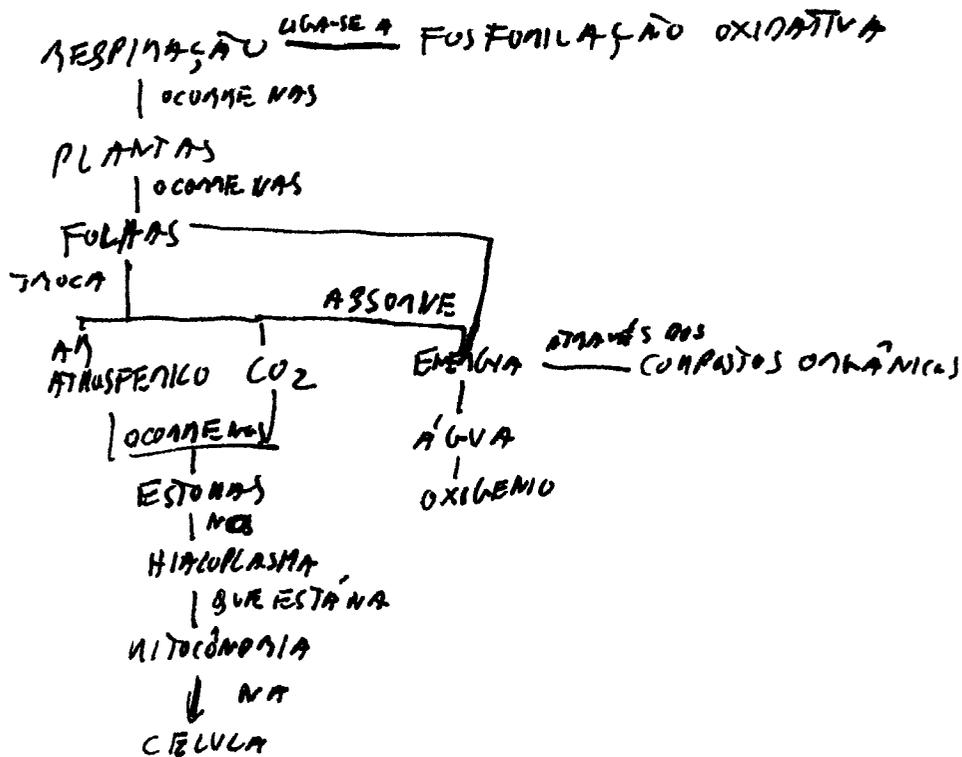


Figura 45 - Mapa de Conceitos Construído no Primeiro Questionário, Relativo à Respiração das Plantas, pelo Professor Estagiário 3

Nos segundos questionários, como se ilustra no Quadro 44, com excepção do professor estagiário 3 que manteve o seu nível de desempenho na construção do mapa de conceitos, os outros professores conseguiram produzir mapas de conceitos aos quais foram atribuídas classificações globais mais elevadas. De novo nos parece ter sido relevante o contacto com os conteúdos científicos no sentido de fornecer aos professores estagiários um maior entendimento conceptual do tema relativo à Respiração das Plantas.

Como exemplo, apresenta-se a seguir o mapa de conceitos elaborado pelo professor estagiário 1, no seu segundo questionário.

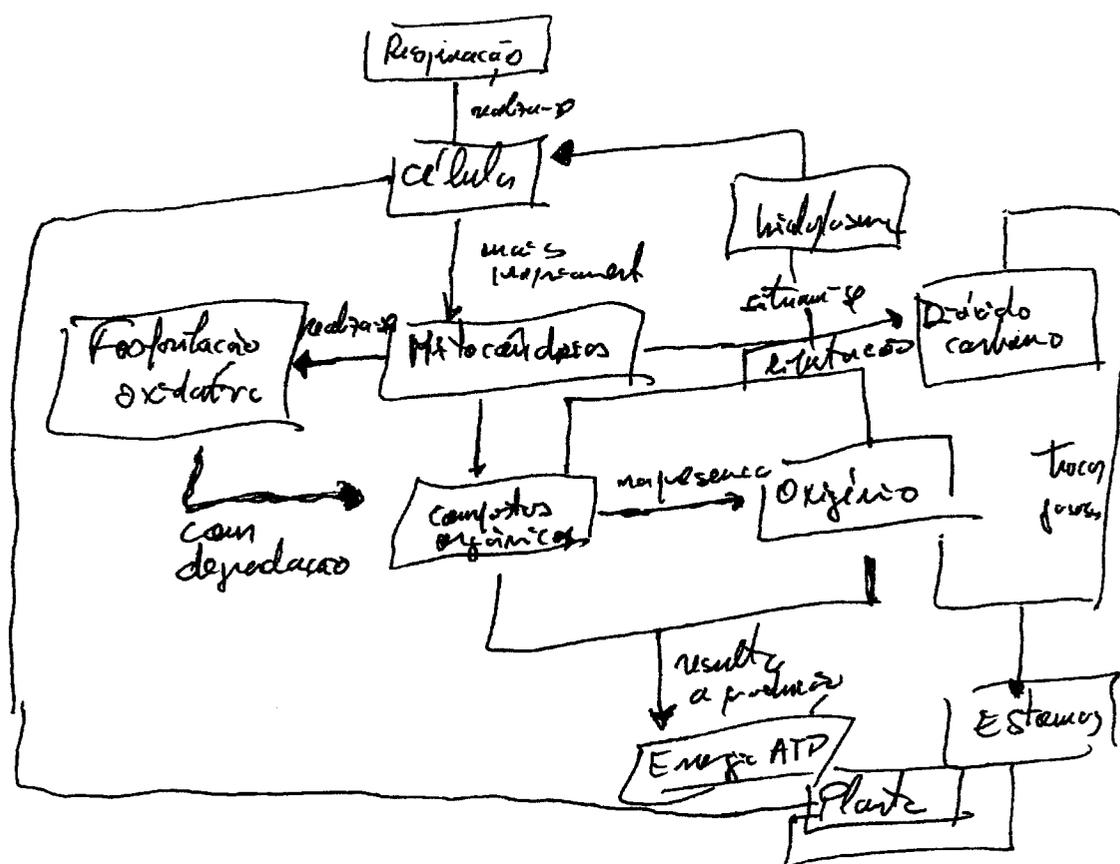


Figura 46 - Mapa de Conceitos Construído no Segundo Questionário, Relativo à Respiração das Plantas, pelo Professor Estagiário 1

Como se torna notório, a análise dos mapas de conceitos proporcionou-nos o contacto com *concepções científicas e alternativas* que foram, assim, evidenciadas pelos professores estagiários, não tendo, no entanto, também neste caso, sido manifestada qualquer concepção que ainda não tivesse sido identificada aquando da análise das partes um e dois dos questionários respondidos pelos professores estagiários.

### 4.2.3. Resultados da Análise das Entrevistas Realizadas com os Professores Estagiários

Uma das percepções por nós sentidas aquando da análise das respostas dadas pelos professores estagiários aos questionários foi o facto, de através do instrumento utilizado (Anexo III), não ser, muitas vezes, fácil perceber bem quais as verdadeiras ideias dos professores estagiários, até porque muitas delas decorrem de crenças ou teorias implícitas.

Conscientes dessa limitação, após a análise efectuada, nomeadamente em torno das *concepções científicas e alternativas* relativas à Nutrição e Respiração das Plantas dos três professores estagiários, decidimos proceder, e nesta fase interventiva, de acordo com o que já antes explicámos, a uma análise mais aprofundada das ideias dos investigados.

Esta análise teve por base o conteúdo dos protocolos escritos resultantes das entrevistas individuais (Anexo VIII) e de grupo (Anexo XII), efectuadas, respectivamente, antes e depois da leccionação da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia” (Anexo X).

Após uma análise de conteúdo exaustiva, sem partir de qualquer sistema de categorias prefigurado, pois, como já referimos, interessava-nos sobretudo conhecer melhor as concepções dos professores e caracterizar constructos pessoais, acabámos por conseguir estabelecer um complexo de categorias e sub-categorias, que consubstanciam concepções marcadas por uma certa especificidade.

Passaremos, de seguida, a apresentar e descrever as categorias e sub-categorias então estabelecidas. Na sua descrição serão apresentados alguns excertos textuais do discurso argumentativo dos professores estagiários, podendo as entrevistas iniciais e a entrevista de grupo serem apreciadas integralmente, respectivamente nos Anexos VIII e XII.

A organização das categorias e sub-categorias foi estabelecida de acordo com grandes temas que também apresentaremos. Tentaremos ainda comparar alguns resultados das entrevistas com outros entretanto já apresentados, e derivados de outras vias instrumentais utilizadas no estudo.

#### **4.2.3.1. *Entrevistas Iniciais Realizadas Individualmente aos Professores Estagiários***

De acordo com o Tema A - *Ideias manifestadas pelos professores estagiários relativas à Nutrição das Plantas*, e com base na análise de conteúdo dos protocolos das entrevistas iniciais realizadas aos professores estagiários, foram estabelecidas duas categorias (Anexo IX):

- 1ª Categoria - *Concepções científicas relativas à Nutrição das Plantas*.

Esta categoria levou-nos ao estabelecimento de seis sub-categorias:

- 1.1. *Através da fotossíntese forma-se matéria orgânica (açúcares), indispensável à existência de vida e ocorre libertação de oxigénio.*
- 1.2. *A água e o dióxido de carbono são necessários para a fotossíntese.*
- 1.3. *Os produtos finais da fotossíntese são sobretudo compostos açucarados.*
- 1.4. *Os sais minerais são importantes nutrientes inorgânicos das plantas.*
- 1.5. *A luz é absorvida pela planta ao nível da clorofila, sendo transformada em energia química.*
- 1.6. *As raízes absorvem os sais minerais e a água do solo.*

Assim, nas opiniões emitidas pelos três entrevistados (professores estagiários E1, E2 e E3), encontram-se evidências *de concepções cientificamente correctas* acerca do modo como as plantas se nutrem ou do modo como se reali-

za o processo fotossintético nas plantas. Esses aspectos são-nos revelados por argumentações como as seguintes:

E – Vamos agora passar ao ponto dois da primeira parte do questionário, onde te era pedido que seleccionasses opções de acordo com as tuas ideias. No que respeito à primeira questão, tanto num questionário como noutra escolheste para completar a frase incompleta: “a fotossíntese é...”, a segunda opção: “o processo pelo qual a planta sintetiza nutrientes”. E eu pergunto que nutrientes, segundo a tua opinião?

E1 – *Portanto, sintetizar...quando penso em nutrientes estou a pensar em compostos açucarados.*

...

E – Passando agora à relação entre os termos energia e glúcidos (açúcares e/ou compostos orgânicos), no primeiro questionário escreveste: “A energia química a partir de uma fonte inorgânica de carbono é transformada em carboidratos” e no segundo questionário: “A energia luminosa que nos chega ao nosso planeta uma pequena parte é sintetizada e armazenada em compostos orgânicos”. Podes explicar um pouco melhor a tua ideia?

E2 – *A última ideia é a ideia que eu tenho agora.*

...

E – No que diz respeito à relação entre os termos oxigénio e dióxido de carbono, no primeiro questionário escreveste: “As plantas realizam trocas de oxigénio e CO<sub>2</sub> durante o processo”. No segundo questionário manténs a tua ideia ao escreveres: “As plantas trocam oxigénio e dióxido de carbono com o exterior”. Como é que trocam? O que é que entra e o que é que sai? Como é feita essa troca?

E3 – *Entra o dióxido de carbono e sai oxigénio.*

- **2ª Categoria - Concepções alternativas relativas à Nutrição das Plantas.**

Esta categoria levou-nos ao estabelecimento de cinco sub-categorias:

2.1. *A fotossíntese é um processo de trocas gasosas.*

2.2. *Para que ocorra a fotossíntese tem de haver água, sais minerais, gases e a existência de luz.*

2.3. *Os produtos finais da fotossíntese são o oxigénio e o ATP.*

2.4. *Só os nutrientes inorgânicos estão relacionados com a fotossíntese.*

2.5. *As raízes estão relacionadas com a absorção de nutrientes da planta e as folhas com a libertação de gases.*

Das opiniões resultantes das entrevistas aos professores estagiários, foi possível compreender melhor algumas das suas *concepções alternativas* relativas à Nutrição das Plantas, como o ilustram alguns dos excertos das respectivas entrevistas:

E – No que diz respeito à parte do questionário relativa ao modo como as plantas se nutrem, escreveste, ao relacionar os termos fotossíntese e nutrientes, no primeiro questionário: “A fotossíntese é um processo que necessita de nutrientes para ocorrer”. Eu pergunto, que nutrientes?

E1 – *Eu entendo por nutrientes da fotossíntese, sobretudo os sais minerais, a água e se formos ver de outro ponto de vista, até poderemos considerar a própria luz. A energia como um nutriente, apesar de se distinguir entre os nutrientes absorvidos através da planta pela raiz e a energia recebida a nível dos cloroplastos e da clorofila, do Sol, para a realização da fotossíntese.*

E – São esses os nutrientes que têm de estar presentes para que ocorra a fotossíntese?

E1 – *Exacto. Sem contar também que existe a intervenção de certo tipo de gases. Sabemos que o dióxido de carbono é um gás que é necessário, o oxigénio também.*

...

E – No que diz respeito à frase incompleta: “a planta nutre-se...”, escolheste em ambos os questionários a opção de respostas: “absorvendo nutrientes do solo pelas raízes”. Podes explicar um pouco melhor a tua ideia?

E2 – *Então a nutrição das plantas é feita essencialmente à base de sais minerais que são absorvidos pelas raízes...acho que é isso.*

E – Mas porque razão dizes essencialmente?

E2 – *É o mesmo que exclusivamente. A nutrição da planta é feita absorvendo nutrientes. É isso.*

...

E – Passando ao ponto dois da primeira parte do questionário, relativamente à frase incompleta: “a fotossíntese é...” escolheste no primeiro questionário a opção: “um processo de troca de gases” e no segundo questionário a opção: “um processo que ocorre só nas plantas verdes. O que é que te fez mudar a tua ideia?

E3 – *Pareceu-me que dizer que a fotossíntese é um processo de troca de gases é limitativo. A fotossíntese é mais do que isso! No entanto, o só da opção que escolhi também é limitativo!*

E – *Porque é que achas o só da opção que escolheste no segundo questionário limitativo? Se tivesses que construir uma opção nova como o farias?*

E3 – *Um processo que ocorre também nas plantas verdes.*

E – *Achas então possível que a fotossíntese ocorra noutros seres vivos?*

E3 – *Não, ocorre só nas plantas. O que acho limitativo é ser só nas plantas verdes.*

Passando agora à análise do **Tema B - Ideias manifestadas pelos professores estagiários relativas à Respiração das Plantas**, julgou-se pertinente estabelecer mais duas categorias, tendo por base as opiniões recolhidas dos professores estagiários:

- *3ª Categoria - Concepções científicas relativas à Respiração das Plantas.*

Esta categoria levou à formação de cinco sub-categorias:

- 3.1. *A respiração é um processo de oxidação de moléculas orgânicas.*
- 3.2. *Para que ocorra o processo respiratório, tem de haver compostos orgânicos e oxigénio.*
- 3.3. *A água e o dióxido de carbono são os produtos resultantes do processo respiratório.*
- 3.4. *Da degradação dos compostos orgânicos resulta a produção de ATP.*
- 3.5. *A respiração é um processo que ocorre nas células das plantas.*

Tendo como suporte os protocolos escritos das três entrevistas iniciais, foi possível encontrar evidentes *concepções científicas* acerca do modo como as plantas respiram, como transparece nos fragmentos das entrevistas que transcrevemos:

E – *Vamos agora analisar a relação que estabeleceste entre os termos trocas gasosas e respiração. Escreveste no primeiro questionário: “Durante a respiração há trocas gasosas”. E no segundo questionário: “Durante a respiração dão-se trocas gasosas”. Portanto mantiveste a ideia inicial. Podes explicar um pouco*

melhor a tua ideia? Que gases são esses? Qual o gás que entra no processo e que gás é libertado? Como se dão as trocas gasosas?

E1 – *As trocas gasosas...quando se dá a respiração...logicamente que como a gente já viu é um processo de fosforilação oxidativa...logicamente que os compostos orgânicos são oxidados. São oxidados segundo a presença de oxigénio. Portanto o oxigénio entra no processo. Logicamente nesse processo é libertado o dióxido de carbono.*

...

E – Vamos agora analisar as frases que escreveste relacionando o termos respiração e energia. No primeiro questionário escreveste: “Para se realizar a respiração é necessária energia”. E no segundo questionário escreveste: “A energia acumulada nas moléculas orgânicas através da respiração é degrada pouca e aproveitada sob a forma de moléculas de ATP”. Podes explicar melhor as tuas ideias?

E2 – *No primeiro questionário, quero dizer que é necessária energia acumulada nas moléculas orgânicas. No segundo questionário, estou a pensar no que acontece à energia presente nas moléculas orgânicas.*

...

E – Passando à relação entre os termos célula e respiração, disseste no primeiro questionário: “A célula tem um papel muito importante na respiração”. Podes explicar um pouco melhor a tua ideia?

E3 – *É na célula que vai ocorrer a respiração.*

E – Só na célula?

E3 – *Sim.*

- 4ª Categoria - *Concepções alternativas relativas à Respiração das Plantas.*

Esta categoria deu origem à formação de cinco sub-categorias:

4.1. *A respiração é um processo de trocas gasosas que ocorrem nas folhas da planta.*

4.2. *A água e o dióxido de carbono são fundamentais para que ocorra a respiração da planta.*

4.3. *O oxigénio e o ATP são produtos finais da respiração da planta.*

4.4. *A respiração não é identificada como um processo de produção de energia biologicamente útil (ATP).*

4.5. *A respiração ocorre exclusivamente ao nível das mitocôndrias.*

Das ideias explicitadas pelos professores estagiários nas entrevistas, tornaram-se mais evidentes algumas das suas *concepções alternativas* relativas à Respiração das Plantas. Os excertos que a seguir transcrevemos ilustram, talvez melhor que as nossas palavras, o que se pretende dizer:

E – Passando à relação entre os termos respiração e folhas, no primeiro questionário escreveste: “A respiração das plantas faz-se através das folhas”. No segundo questionário escreveste: “Nas folhas há libertação de CO<sub>2</sub> e consumo de O<sub>2</sub>”. Podes explicar melhor as tuas ideias?

E1 – *Portanto a folha é o órgão privilegiado da respiração. As trocas de gases efectuam-se nas folhas. Os gases absorvidos através dos estomas vão ser utilizados. As folhas têm um papel importante na respiração das plantas, sobretudo ao nível das trocas gasosas.*

...

E – Também em ambos os questionários escolheste, agora para completar a frase incompleta: “a respiração ocorre...”, a mesma opção: “ao nível dos estomas”. És capaz de especificar um pouco melhor esta tua ideia?

E2 – *Acho que a respiração...para já acho que ocorre nas folhas. Ocorre nas folhas e ao nível dos estomas que são células.*

...

E – Quais são os produtos finais do processo respiratório?

E3 – *Oxigénio e ATP.*

E – E quais são os reagentes do processo? O que é que é necessário estar presente para que ocorra a respiração?

E3 – *CO<sub>2</sub> e não me ocorre mais nenhum composto.*

De um modo geral, e no que diz respeito aos **Temas A e B**, pode concluir-se que, possivelmente, o contacto com os conteúdos programáticos relativos à fotossíntese e à respiração celular terá ajudado os professores estagiários a clarificar ideias que os fizeram abandonar algumas das suas *concepções alternativas*, tornando-se mais evidentes determinadas *concepções científicas*; este aspecto já tinha, aliás, sido por nós referido ao apresentar os resultados e análise do questionário (Parte I e Parte II). No entanto, verifica-se que continuaram a existir, a par de *concepções*

*científicas, concepções alternativas* que se tinham vindo a manifestar desde o início, antes de qualquer contacto com os conteúdos programáticos da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”.

Este reconhecimento é quase idêntico nos três professores estagiários e torna-se bem evidente quando os mesmos recorrem a argumentação, nomeadamente ao nível da explicação dos mapas de conceitos, como se pode constatar pelo seguinte exemplo:

E – No ponto três desta parte do questionário, pedia-se que construisses um mapa de conceitos de acordo com as tuas ideias. Podes explicar o teu mapa de conceitos do primeiro questionário?

E 2 – Então a luz solar incide nas plantas e dá origem à fotossíntese que por sua vez liberta água e oxigénio. As plantas para realizarem a fotossíntese necessitam de dióxido de carbono, sais minerais e água. A fotossíntese ocorre na clorofila. Na fotossíntese ocorre a síntese de compostos orgânicos que contém energia que é o ATP...e a fotossíntese é...composta por duas fases, a fase dependente da luz e a fase independente da luz.

E – Podes agora explicar o teu mapa de conceitos do segundo questionário?

E 2 – Portanto, a fotossíntese ocorre nas plantas verdes, na presença da água, luz e sais minerais...são condições indispensáveis e inclui duas fases, a fase dependente da luz e a fase independente da luz. Os fenómenos das duas fases dão origem à síntese de compostos orgânicos com libertação de oxigénio, ao nível das folhas e a água, ao nível das folhas.

#### **4.2.3.2. Entrevista de Grupo Efectuada aos Professores Estagiários**

Partindo do Tema A - *Ideias manifestadas acerca dos principais tópicos relacionados com a Nutrição e a Respiração das Plantas*, pensámos, depois de analisadas as ideias e opiniões dos professores estagiários emitidas durante a entrevista de grupo, estabelecer duas categorias (Anexo XIII):

- 1ª Categoria - *Concepções científicas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas.*

Nesta categoria foram estabelecidas, por sua vez, nove sub-categorias:

- 1.1. *As plantas obtêm os seus nutrientes inorgânicos através da absorção realizada pelas raízes a partir do solo.*
- 1.2. *O dióxido de carbono e a água são reagentes do processo fotossintético.*
- 1.3. *Os carboidratos e o oxigénio são produtos finais do processo fotossintético.*
- 1.4. *Os produtos finais da fotossíntese em parte vão ser utilizados na respiração.*
- 1.5. *A respiração é um conjunto de processos complexos.*
- 1.6. *No processo respiratório reagentes são o oxigénio e os carboidratos.*
- 1.7. *O dióxido de carbono e o vapor de água libertam-se no processo respiratório.*
- 1.8. *Na respiração celular ocorre a formação de ATP, energia para a célula necessária às várias actividades celulares.*
- 1.9. *Os produtos finais da respiração, como o ATP, vão ser utilizados nas actividades celulares e podem ser libertados e utilizados na fotossíntese, como o dióxido de carbono.*

Assim, foi possível do discurso argumentativo dos três professores estagiários, nesta entrevista de grupo, apercebermo-nos de um grande número de *concepções científicas* relativas aos temas centrais da nossa investigação, como o parece demonstrar o seguinte excerto da entrevista:

E – Relativamente à questão que se prende com os reagentes e os produtos finais do processo fotossintético. Qual é a vossa ideia? E 1, para ti? És capaz de nos explicar um pouco a tua ideia?

E 1 – *Do processo fotossintético...reagentes são o dióxido de carbono e a água.*

E – E quais são os produtos finais?

E 2 – *São os carboidratos e...o oxigénio.*

E – No que diz respeito ao processo respiratório, quais as vossas ideias relativamente aos reagentes e aos produtos finais do processo? Por exemplo, para ti E 3?

E 3 – São em termos de reagentes o oxigênio e os carboidratos.

E – E o que se liberta no processo respiratório?

E 2 –  $CO_2$  e vapor de água.

- 2ª Categoria - *Concepções alternativas relativas à Nutrição e Respiração das Plantas.*

Esta categoria levou-nos ao estabelecimento de seis sub-categorias:

2.1. *Os nutrientes da planta são só os inorgânicos, como os sais minerais.*

2.2. *As plantas respiram essencialmente através da folhas, realizando trocas gasosas.*

2.3. *As plantas respiram através de trocas gasosas realizadas ao nível dos estomas que estão nas folhas.*

2.4. *Existem dois tipos de respiração realizada pelas plantas, a respiração que se faz ao nível das folhas e a respiração mitocondrial.*

2.5. *Comparações entre os fenómenos que ocorrem nas folhas das plantas e os pulmões dos animais.*

2.6. *A respiração celular das plantas ocorre nas mitocôndrias das células.*

No que diz respeito a esta segunda categoria, parece-nos importante referir que a sua existência constitui prova de que mesmo depois da leccionação da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”, se terem continuado a manifestar, por parte dos professores estagiários, várias *concepções alternativas*, relativas aos tópicos científicos já abordados com os alunos. Parece-nos de relevar a *concepção alternativa*: “*Existem dois tipos de respiração realizada pelas plantas, a respiração que se faz ao nível das folhas e a respiração mitocondrial*”, que se manifestou desta forma tão evidente, pela primeira vez:

E – E em relação à respiração das plantas. Para vocês como é que as plantas respiram? E 3, podes dizer o que pensas sobre este assunto?

E 3 – *Através essencialmente das folhas.*

E – Como?

E 3 – *Realizando trocas gasosas.*

E – E para ti E 2. O que pensas sobre este assunto?

E 2 – *Realizam-se através dos estomas que estão nas folhas.*

E – E 1 o que pensas sobre a respiração das plantas? Como respiram as plantas?

E 1 – *Portanto as plantas absorvem dióxido de carbono e libertam oxigénio e vice-versa, através dos estomas das folhas e depois também realizam a respiração mitocondrial, não é? Portanto existem os dois processos.*

E – És capaz de explicar um pouco melhor a tua ideia? Consegues distinguir esses dois processos?

E 1 – *Portanto em termos desses dois processos respiratórios...os estomas só permitem a troca de gases, mas depois o fundamental dá-se a nível das mitocôndrias que estão nas células.*

E – Mas não acham, E 3 e E 2, que quando dizem que a planta respira principalmente através de trocas gasosas feitas pelas folhas, estão a simplificar muito o processo? A respiração das plantas resume-se a uma troca gasosa a nível das folhas?

E 1 – *Não, não.*

E – Não estarão a fazer uma certa comparação entre folhas e pulmões?

E 3 – *Sim.*

E – Mas quando falamos em respiração, a respiração é isso?

E 2 – *Não. É um conjunto de processos complexos.*

E – E que se passam onde? Esse conjunto de processos complexos a que nós chamamos respiração celular ocorrem onde?

E 1 – *Nas mitocôndrias.*

E 2 – *Nas mitocôndrias.*

Podemos concluir, no que diz respeito ao **Tema A** da entrevista, que se registou uma melhoria por parte dos professores estagiários relativamente ao domínios dos conteúdos científicos específicos da Nutrição e Respiração das Plantas. No entanto, continuaram a ser evidentes determinadas *concepções alternativas* (algumas das quais manifestadas de forma vincada pela primeira vez), mesmo depois de todo o trabalho desenvolvido no tratamento dos temas da fotossíntese e da

respiração celular e depois de leccionadas as aulas respeitantes à respectiva unidade didáctica.

Relativamente ao **Tema B - Reflexão acerca do trabalho desenvolvido com os alunos do 11º ano ao longo da unidade programática: “Sistemas Vivos e Energia”**, foram constituídas três categorias, tendo por base as opiniões recolhidas junto dos professores estagiários:

- 3ª Categoria - *Expectativas relativas ao trabalho desenvolvido no sentido de identificar concepções científicas e alternativas.*

Esta categoria levou à formação de duas sub-categorias:

- 3.1. *Era de esperar, no início das sub-unidades programáticas, quando se aplicou o questionário aos alunos, encontrar muitas concepções alternativas.*
- 3.2. *Não era de esperar que tivesse havido uma mudança mais significativa nas concepções alternativas dos alunos no fim de leccionadas as sub-unidades programáticas.*

De acordo com a opinião dos professores estagiários, seria de esperar que os alunos no início manifestassem as *concepções alternativas* que acabaram por se evidenciar e, por outro lado, que as mudassem com alguma dificuldade; essa aliás é a ideia expressa nas seguintes passagens da entrevista que passamos a transcrever:

E – Portanto, vocês pensam que, para os nossos alunos, estas questões foram um pouco difíceis. Na vossa opinião, a dificuldade foi principalmente porquê?

E 2 – *Eu acho que seria de esperar não encontrar muitas concepções científicas. Os alunos responderam às questões! Não tiveram problemas em responder a todas...em dizer o que pensam sobre as coisas...mas o que se notou, da primeira vez que se aplicou...há muitas concepções alternativas. Não abordam as questões de uma forma científica.*

...

E – Gostaria então de vos perguntar se, ao analisarem os questionários aplicados aos alunos no fim da leccionação dos conteúdos, esperavam encontrar as concepções alternativas e as concepções científicas que encontraram? Porquê? Qual foi a vossa maior surpresa?

E 2 – *Eu esperava e não me surpreendeu ter identificado tantas concepções alternativas... não me surpreendeu porque acho que estes conteúdos são difíceis. Quando durante as aulas pedi aos alunos para explicarem certas coisas... quando lhes pedi para explicarem por exemplo os esquemas dos acetatos, vi que eles tinham dificuldade em perceber...*

- 4ª Categoria - *Dificuldades relativas ao trabalho desenvolvido, de um modo geral.*

Nesta categoria, à semelhança das anteriores, também foram estabelecidas sub-categorias, neste caso sete:

- 4.1. *Dificuldades resultantes do questionário aplicado.*
- 4.2. *Dificuldade dos conteúdos científicos a leccionar.*
- 4.3. *Dificuldades decorrentes da falta de experiência ao nível da leccionação dos conteúdos programáticos.*
- 4.4. *Dificuldade em gerir da melhor forma a atenção e os ritmos de aprendizagem dos alunos.*
- 4.5. *Dificuldades em lidar da melhor forma com a falta de maturidade dos alunos, no sentido de os fazer compreender conceitos abstractos.*
- 4.6. *Dificuldade em fazer os alunos relacionar os conteúdos programáticos.*
- 4.7. *Dificuldade em mudar a forma como pensam alguns alunos.*

Como podemos constatar, até pelas sub-categorias estabelecidas, os professores estagiários manifestaram uma série de dificuldades que disseram ter sentido face ao trabalho desenvolvido, ao terem tratado e leccionado a unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”. O seguinte excerto da entrevista é a esse título ilustrativo:

E – E vocês E 1 e E 3? Porque razão também não ficaram surpreendidos ao encontrar as concepções alternativas identificadas no fim de leccionados os conteúdos programáticos?

E 1 – *Por um lado, a gente não consegue...ainda não temos muita experiência...ainda não conseguimos transmitir muito bem os conhecimentos científicos...por outro lado, também sabemos que há sempre aqueles alunos que tomam mais atenção de que outros...os próprios ritmos de aprendizagem também são diferentes.*

*Pelo meu lado, quando estive a analisar as respostas dadas pelos alunos até tentei colocar-me no lugar deles...tentei recordar o tempo em que eu era aluno...quando eu dei esta matéria...como é que eu consegui perceber a matéria? Lembro-me perfeitamente bem que quando os professores me deram esta matéria que nem tudo tinha ficado retido, ou seja, havia partes que eu tinha percebido, mas havia partes que eu não percebia...então um pouco por analogia...pela mesma idade que eu tinha...não é?*

- 5ª Categoria - *Importância atribuída ao trabalho desenvolvido, de um modo geral.*

Para esta categoria foram estabelecidas as seguintes seis sub-categorias:

- 5.1. *Os alunos foram melhorando a forma como davam certas respostas e como utilizavam termos e conceitos científicos.*
- 5.2. *Foi importante no início da leccionação ter um ponto de partida relativamente às concepções científicas e alternativas dos alunos.*
- 5.3. *Foi importante ficar a conhecer algumas das concepções alternativas que os alunos podem manifestar sobre estes conteúdos programáticos.*
- 5.4. *Foi importante saber que os alunos alteram algumas das suas concepções alternativas iniciais.*
- 5.5. *Foi importante no fim da leccionação das sub-unidades programáticas saber que concepções alternativas se tinham alterado.*
- 5.6. *Foi importante para os alunos terem todos os professores envolvidos na leccionação da mesma unidade programática.*

Com base na análise das sub-categorias formadas, facilmente se compreende que os professores estagiários consideraram importante o trabalho que desenvolveram com os alunos no decurso da unidade didáctica tratada. Como exemplo temos as seguintes argumentações:

- E – Apesar das limitações do estudo que vocês efectuaram, quais as principais vantagens que encontraram ao realizarem este trabalho? Que importância atribuem ao trabalho que efectuaram com os alunos?
- E 3 – *Acho que uma das vantagens foi ficar a saber algumas das concepções alternativas que aparecem associadas a estes temas da Biologia.*
- E 2 – *Eu penso que foi muito importante para os alunos e para nós termos estado os três envolvidos no trabalho desta unidade didáctica. Houve um maior envolvimento...apesar de cada um ter a sua forma de dar as aulas, por exemplo.*
- E 1 – *Eu penso também que foi importante a identificação das concepções alternativas e científicas dos alunos...levou-nos a ter mais cuidado no ensino...*

Em suma, relativamente ao **Tema B**, parece poder concluir-se que as expectativas iniciais face ao trabalho, por parte dos professores estagiários, acabaram por ser confirmadas, isto no que se refere ao elevado número de *concepções alternativas* manifestadas pelos seus alunos e a dificuldade que apresentaram em as alterar. Por outro lado, e apesar do grande empenho no trabalho, demonstrado pelos professores, estes acabaram por confessar as dificuldades de vária ordem que foram sentindo, não obstante as vantagens e importância que acabaram por atribuir a todo o trabalho desenvolvido com os alunos, ao longo da unidade programática leccionada.

No que concerne ao **Tema C** - *Reflexões acerca da importância do trabalho efectuado pelos Professores Estagiários para o seu desenvolvimento pessoal e profissional*, foram estabelecidas três categorias:

- 6ª Categoria - *Diferenciação de momentos distintos no trabalho desenvolvido.*

Esta categoria levou-nos ao estabelecimento de seis sub-categorias:

- 6.1. *Momento inicial de confronto com as concepções científicas e alternativas próprias de cada Professor Estagiário.*
- 6.2. *Trabalho inicial de planificação, elaboração de materiais e preparação das aulas a leccionar.*
- 6.3. *O trabalho inicial na sala-de-aula com os alunos.*

- 6.4. *O decurso do trabalho na sala-de-aula com os alunos no sentido de leccionar as sub-unidades programáticas da unidade programática: “Sistemas Vivos e Energia”.*
- 6.5. *O trabalho final de leccionação das sub-unidades programáticas, na sala-de-aula com os alunos.*
- 6.6. *As opiniões e os sentimentos no fim do trabalho realizado.*

De acordo com a opinião dos professores estagiários, foi possível diferenciar distintos momentos efectivamente sentidos ao longo do trabalho desenvolvido. A esse respeito, temos o testemunho do que nos foi dito por um dos professores estagiários:

E – Vocês conseguem diferenciar etapas no trabalho que efectuaram? Conseguem distinguir momentos diferentes?

E 2 – *Então, de início houve o primeiro contacto com os conteúdos a leccionar e com as concepções dos alunos...antes disso, houve o confronto com as nossas próprias concepções...depois o trabalho desenrolou-se...no fim tentámos sempre fazer um balanço...verificar com os alunos se tinham ocorrido mudanças...não senti muitas dificuldades...mas acho que no início estava mais inibido, depois fui ficando mais à vontade.*

E – Que dificuldades sentiste ?

E 2 – *Foi mais a insegurança no início.*

E – Insegurança ao nível do domínio dos conteúdos científicos a ensinar?

E 2 – *Não. Acho que a esse nível não. Foi mais insegurança ao nível de como transmitir em face das dificuldades detectadas nos alunos...quero dizer concepções alternativas identificadas nos alunos.*

- *7ª Categoria - Métodos de ensino utilizados, estratégias escolhidas e objectivos gerias e específicos pensados.*

Nesta categoria foram formadas dez sub-categorias:

- 7.1. *É importante inquirir os alunos acerca das suas concepções científicas e alternativas.*
- 7.2. *As estratégias de ensino devem ser diversificadas.*
- 7.3. *As aulas devem ser o mais possível centradas nos alunos.*

- 7.4. *A aula deve tornar-se interessante para o aluno.*
- 7.5. *Deve-se tentar captar a atenção dos alunos.*
- 7.6. *As estratégias devem ser menos directivas.*
- 7.7. *O ensino deve tornar-se aliciante.*
- 7.8. *Deve haver nas aulas uma componente prática real.*
- 7.9. *Os alunos devem, tanto quanto possível, tomar contacto com os processos da ciência.*
- 7.10. *Deve promover-se com os alunos uma ligação entre o que a escola ensina e a vida extra-escolar.*

Relativamente a esta categoria, a seguinte passagem da entrevista de grupo é bem elucidativa da importância que teve para os professores estagiários a reflexão que efectuaram:

E – E em relação à reflexão, acham que este trabalho vos ajudou a reflectir sobre os métodos de ensino utilizados, estratégias escolhidas, objectivos gerais e específicos pensados? Este trabalho ajudou-vos a reflectir sobre quê?

E 1 – *Ajudou-nos a reflectir um pouco sobre a realidade...pensar que devemos sempre colocar-nos no lado dos alunos. Tentamos sondar cada um dos alunos sobre as suas dificuldades...sobretudo depois de conhecer as dificuldades, tentar chegar a esses alunos...isto apesar do ensino tradicional estar voltado para a média...portanto para aqueles alunos médios, razoáveis. Por outro lado levou-nos um pouco a reflectir acerca das estratégias...devem ser diversificadas...temos de tentar mais...em vez de sermos nós a dirigir a aula...devem ser os próprios alunos a fazê-lo. A aula deve tornar-se interessante para que os alunos se sintam motivados para que essa aula...acho que este aspecto é muito difícil...é difícil de conseguir por vezes a motivação dos alunos ...*

- **8ª Categoria - Contributos para a formação do Professor.**

Nesta categoria estabelecida, foram formadas sete sub-categorias:

- 8.1. *Importância do contacto directo com as concepções científicas e alternativas de cada professor sobre os temas a leccionar.*
- 8.2. *Foi importante o tentar perceber e encontrar explicações da razão das concepções próprias de cada um.*

- 8.3. *Importância do trabalho de grupo na planificação das aulas e elaboração de materiais para as mesmas.*
- 8.4. *Importância do compartilhar ideias acerca dos mesmos assuntos.*
- 8.5. *Relevância da análise aos questionários respondidos pelos alunos no início e no fim da leccionação das sub-unidades programáticas.*
- 8.6. *Relevância da análise crítica das aulas que foram leccionadas.*
- 8.7. *Importância do envolvimento efectivo sentido ao longo do trabalho.*

Tendo em conta os testemunhos dos professores estagiários, foi possível saber até que ponto o trabalho realizado foi sentido como um importante contributo para a sua formação. A este propósito, parece-nos ilustrativo o seguinte excerto da entrevista realizada com os três professores estagiários:

E – E 2, e tu em que medida é que este trabalho te ajudou a reflectir?

E 2 – *Então...acho que...ajudou-me! Penso que foi muito importante o contacto com as minhas próprias concepções alternativas e científicas. Acho que isso é importante...o tentar encontrar uma explicação...um porquê. Por outro lado o termos discutido o que se ia fazendo ao longo das aulas, também me ajudou muito a reflectir.*

E – E E 3 a ti? Este trabalho ajudou-te em quê? A reflectires sobre o quê?

E 3 – *Ajudou-me sobretudo a reflectir sobre o processo de ensino-aprendizagem.*

Em síntese, e no que respeita ao **Tema C**, é nossa convicção ter conseguido promover com os professores estagiários verdadeiros momentos de reflexão acerca de vários aspectos que lhes foram proporcionados pelo trabalho desenvolvido e, ao mesmo tempo, a possibilidade de se enriquecerem em termos pessoais e profissionais.

#### 4.2.4. Discussão Global dos Resultados: Estados e Mudanças

##### 4.2.4.1. *O Estado Inicial*

Tendo em consideração os resultados já apresentados, sobretudo os que se relacionam directamente com as *concepções científicas e alternativas* identificadas nos professores estagiários, relativas aos temas da Nutrição e Respiração das Plantas, podemos, até certo ponto, traçar como que um retrato do estado geral em que se encontravam, numa fase inicial, os sujeitos do grupo participante no estudo que resolvemos levar a cabo no terreno, segundo uma abordagem interventiva, fortemente inspirada em metodologias de estudo de casos e de investigação/acção.

Assim, parece-nos poder dizer que os três professores estagiários, antes do trabalho que efectuámos com eles, tendo como objectivo preparar a unidade programática “Sistemas Vivos e Energia” e as aulas leccionadas aos alunos do 11º ano de escolaridade da turma de regência, tinham não só um grande desconhecimento científico dos temas biológicos específicos ligados à fotossíntese e à respiração celular, como também manifestavam relativamente a esses tópicos um grande número de *concepções alternativas*, muitas delas de natureza espontânea e cultural.

As *concepções alternativas* manifestadas pelos professores estagiários foram, além disso, muito semelhantes às que já tínhamos identificado nos alunos dos 1º e 4º anos e nos outros 18 professores estagiários. Tanto assim é que, praticamente, as conseguimos configurar todas nas classes de concepções estabelecidas aquando do tratamento das respostas dos sujeitos investigados, na fase descritiva do estudo.

Deste modo, o professor estagiário 1 e o professor estagiário 3 manifestaram quase igual número de *concepções científicas e alternativas* antes do contacto directo com os conteúdos científicos da unidade programática “Sistemas Vivos e

Energia”. O professor estagiário 2 manifestou um número muito superior (mais do triplo) de *concepções alternativas*, conforme indicado nos Quadros 40 e 43.

Ao analisar os resultados obtidos nesta investigação, pensamos poder inferir que, na fase inicial, os professores estagiários apresentavam concepções correctas do ponto de vista científico e ao mesmo tempo *concepções alternativas*. Podemos ainda constatar a manifestação de alguns traços comuns entre as *concepções alternativas* identificadas nos três professores estagiários. Em consonância com o estudo de Bettencourt e Amaral (1994), podemos afirmar que esses traços são essencialmente caracterizados por qualidades como as que a seguir se apresentam, aliás, marcadas por fortes semelhanças com o que já foi por nós referido no ponto 4.1.4., aquando da discussão dos resultados a que chegámos com os alunos dos 1º e 4º anos e com os outros professores estagiários:

**A sua natureza antropomórfica.** Esta característica manifestou-se nomeadamente ao nível do vocabulário utilizado em frases escritas e nos diálogos que conosco mantiveram nas entrevistas iniciais. Como exemplo temos:

- Considerarem que: “os nutrientes das plantas são vários”, como acontece com o homem e muitos outros seres vivos, sobretudo animais.
- Considerarem que: “a respiração realiza-se nas folhas”, como se se tratassem de órgãos de ventilação próprios do homem e de alguns animais.

**O seu carácter observável.** Algumas das *concepções alternativas* identificadas, têm implícita a tendência dos professores estagiários, por vezes, explicarem certos fenómenos com base no que é observável, palpável. Foram os casos relacionados com:

- “O conceito de nutrientes”, onde o termo é associado com maior frequência aos nutrientes inorgânicos das plantas.

- “O conceito de respiração”, associado a uma troca de gases.
- “O conceito de energia”, associado pelos professores estagiários a energia solar, Sol, movimento e força, pelo que, por vezes parece não lhes fazer muito sentido falar em energia química para as plantas.

**A sua origem ao se transitar de uns significados para outros por formas difíceis de entender.** É o caso por exemplo, das *concepções alternativas* referentes à confusão estabelecida entre fotossíntese e respiração, que se manifestaram de diversas formas, nomeadamente na redacção de frases do tipo: “*Quando a planta absorve o oxigénio, liberta o dióxido de carbono para a atmosfera*”, escrita por um dos professores estagiários no primeiro questionário, ao relacionar os termos oxigénio e dióxido de carbono por forma a explicar o Modo Como as Plantas se Nutrem.

**O seu carácter particular.** Identificaram-se também *concepções alternativas* nos professores estagiários por estes considerarem apenas alguns aspectos particulares relacionados com a fotossíntese e a respiração celular. Nestes casos pareceu-nos que centraram a atenção num facto específico, esquecendo os outros, resultando um conhecimento incompleto sobre os referidos processos, como nos demonstra a seguinte frase redigida por um dos professores estagiários: “*As plantas através do processo fotossintético libertam o O<sub>2</sub>, e consomem o CO<sub>2</sub>, contribuindo por isso para a renovação do ar atmosférico*” e a opção de resposta: “*ao nível exclusivamente das mitocôndrias*”, escolhida por outro dos professores estagiários no sentido de completar a frase incompleta: “A respiração ocorre...”

Constatámos ainda e em consonância com Driver (1985) que embora se registassem *concepções científicas e concepções alternativas* que foram englobadas nas mesmas classes de concepções científicas e alternativas respectivamente, eram bem evidentes de uma representação pessoal realizada por cada professor estagiário, acerca da sua interpretação muito individual dos processos alvo de estudo.

#### 4.2.4.2. *As Mudanças Ocorridas e o Estado de Chegada*

Fomos constatando que, à medida que o trabalho inicialmente proposto aos professores estagiários ia avançando, os próprios o iam considerando mais interessante e proveitoso, tanto para eles, como para os alunos a quem leccionavam as aulas da unidade programática “Sistemas Vivos e Energia”.

De facto, os professores estagiários foram-se envolvendo de um modo cada vez mais profundo, chegando ao ponto, como já tivemos ocasião de referir noutras partes do trabalho, de propor actividades que foram por nós adoptadas no âmbito da investigação então em curso, mas que não tínhamos inicialmente previsto.

Foi o caso da proposta de se adaptar o questionário, a que já tinham dado resposta, com o objectivo de o poderem aplicar aos alunos para identificar as suas *concepções científicas e alternativas* relativas à Nutrição e Respiração das Plantas, no início e no fim da leccionação de cada uma das sub-unidades programáticas que leccionaram e a proposta de serem entrevistados em grupo, no fim do trabalho desenvolvido, com o objectivo de poderem partilhar e discutir ideias acerca dos vários aspectos do trabalho então desenvolvido.

Logo após o primeiro contacto directo que os professores estagiários estabeleceram com os conteúdos programáticos, no sentido de se prepararem para planificar e leccionar as suas aulas, foi evidente, especialmente no **professor estagiário 1** e no **professor estagiário 2**, uma transformação conceptual mais de acordo com o que cientificamente se considera correcto.

Continuaram, no entanto, a manifestar *concepções alternativas* semelhantes às inicialmente identificadas e praticamente com as mesmas características que já foram por nós descritas no ponto anterior deste trabalho.

Tornou-se, igualmente, evidente no decurso do trabalho que os professores possuíam determinadas *concepções alternativas* que eram dotadas de uma *forte coe-*

rência interna (Vázquez Alonso, 1994). São disso exemplo as ideias subjacentes às seguintes frases: “A fotossíntese é um processo que necessita de nutrientes para ocorrer” e “A fotossíntese não se poderia realizar sem a utilização de nutrientes”, redigidas respectivamente, nos primeiro e segundo questionários, por um dos professores estagiários, ou “A respiração processa-se essencialmente nas folhas, dependendo por isso a taxa de respiração das estações do ano (consoante a espécie)” e “A respiração ocorre essencialmente ao nível das folhas”, elaboradas nos primeiro e segundo questionários, respectivamente, por outro dos professores estagiários.

Ao longo do trabalho, fomos também verificando, em consonância com autores como Ausubel (citado por Driver et al., 1995), Giordan (1987), Santos (1992) e Vázquez Alonso (1994), que certas *concepções alternativas* são muito persistentes, manifestando-se em diferentes ocasiões, como é o caso, a título de exemplo, da *concepção alternativa* associada às seguintes frases da autoria de um dos professores estagiários, redigidas no primeiro e segundo questionários, ao relacionar os termos oxigénio e dióxido de carbono, por forma a explicar o Modo Como se Realiza a Respiração nas Plantas: “São os dois compostos que são trocados no decorrer do processo” e “As trocas gasosas na planta são baseadas no  $O_2$  e no  $CO_2$ ”. O mesmo professor acaba por escolher em ambos os questionários a opção de resposta: “um processo de troca de gases”, no sentido de completar a frase incompleta: “A respiração é...” Mais tarde, aquando da entrevista de grupo, depois de todo o trabalho realizado e de ter leccionado as suas aulas aos alunos, continuou a manifestar a mesma concepção relativamente ao que considera ser a respiração das plantas!

Em suma, parece notório que ao longo do trabalho se foram de facto sentindo mudanças, não no sentido do abandono total de *concepções alternativas* por parte dos professores estagiários, mas no sentido de uma maior capacidade de reflexão e transformação conceptual traduzidas numa maior consciencialização por parte

dos mesmos do seu próprio conhecimento e do seu conhecimento acerca dos alunos e ainda de alguns aspectos envolvidos nos actos de ensinar e aprender determinados tópicos biológicos, consensualmente considerados, por várias razões, de difícil abordagem.

Nada melhor que analisar as próprias palavras dos professores estagiários, nos excertos dos Relatórios Individuais sobre o Estágio Pedagógico, realizados no final do ano lectivo, que a seguir se apresentam, para reforçar tal convicção, no que tem a ver com as mudanças que neles se terão operado:

Através da tomada de conhecimento das principais concepções alternativas inerentes a este tema, poder-se-á melhorar a leccionação deste no futuro, começando precisamente pela clarificação das mesmas. (Professor Estagiário 3)

...

Em termos pessoais e profissionais foi gratificante e compensador, porque assim, foi possível partilhar ideias, apresentar sugestões de trabalho e reflectir sobre o modo de actuação de cada elemento. Por outro lado contribuiu também para que num futuro próximo, ao planificar esta unidade, haja um aproveitamento em termos pedagógicos e científicos desta nova experiência. (Professor Estagiário 2)

...

Esta experiência pedagógica terminou mas deixou as suas marcas. Marcas estas que revelam uma reflexão pedagógica frutuosa e profunda que nos leva a pensar que no ensino . . . há que indagar aquilo que os alunos sabem e não sabem, de modo a que as nossas estratégias possam ser constantemente alteradas indo ao encontro de cada situação e de cada aluno, pois, não é de esquecer que cada um é fruto do meio social e familiar em que vive, e que os estímulos recebidos não são os mesmos para todos. (Professor Estagiário 1)

Que ideia poderia ser mais generosa do que a de ajudar todo o Homem a pensar por si, qualquer que seja a sua situação, a sua etnia, a sua cor ou a sua educação prévia?

O pressuposto é o de que o homem pode ajudar o seu próximo a tornar-se pensador e assim a tornar-se autónomo e auto-determinado.

Bruner

## DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES

## 1. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS

A problemática relacionada com o chamado movimento das *concepções alternativas*, importante para se poder conseguir de uma forma adequada a sua compreensão, foi um dos aspectos que procurámos tratar ao longo do presente trabalho.

É verdade, contudo, que à proliferação investigativa neste domínio não tem correspondido uma necessária e adequada divulgação junto dos professores. O mesmo se tem verificado com a divulgação deste tão importante tema - *Problemática das Concepções Alternativas* - nos cursos de licenciatura em ensino.

Coloca-se então a seguinte questão: como poderão os professores, particularmente os iniciantes/estagiários, estar atentos, identificar e dar a devida relevância às *concepções alternativas* dos seus alunos, muitas vezes manifestadas no contexto de sala de aula, sem que desse facto tenham conhecimento e se eles próprios as manifestam de uma forma inconsciente, sem que alguma vez tenham sido para isso alertados, ou estimulados a, de algum modo, se consciencializarem dessa realidade?

Hoje é reconhecida a importância do conhecimento das lógicas e representações dos alunos, relativamente à explicação dos fenómenos do mundo natural, quando os professores planificam as actividades a desenvolver na sala de aula. Para que essa planificação seja adequada, torna-se, pois, fundamental que os docentes tenham sido alertados, informados e sobretudo recebido formação nesse sentido.

A análise das *concepções alternativas* dos alunos e dos professores, sem um sistema de avaliação referencial externo, procurou evidenciar algumas dificuldades internas que se opõem à aprendizagem de *concepções científicas*.

Nas *concepções alternativas* identificadas sobre a Nutrição e Respiração das Plantas, poderemos ser levados a pensar que, para além das causas referidas noutras partes do trabalho, existem outras que poderão ter estado na sua origem. São, nomeadamente, as que dizem respeito a possíveis falhas no processo de instrução e a atribuição, por parte dos alunos, de significados diferentes dos aceites pela comunidade científica a termos ou conceitos e a afirmações ou ideias. Existem ainda possíveis causas relacionadas, em nosso entender, com o facto de, mesmo ao nível da comunidade científica, haver termos e conceitos não muito bem definidos.

Entre as *concepções alternativas* manifestadas pelos investigados, podem ter sido originadas por falhas do processo de instrução a consideração de que a planta se nutre apenas a partir dos nutrientes inorgânicos ou minerais que absorve, a ideia de que a respiração da planta é essencialmente um processo de troca de gases que ocorre fundamentalmente ao nível das folhas e a confusão entre os processos fotossintético e de respiração celular.

O facto de uma grande percentagem de investigados considerarem os sais minerais como os únicos nutrientes das plantas pode, por seu lado, ter a ver com a ideia de, em seu entender, a planta absorver os “alimentos” do solo, onde se encontram os sais minerais (CLIS, 1987). Por outro lado, pensamos que, tradicionalmente, não se verifica um significativo aprofundamento do assunto durante o processo de instrução formal, nem a necessária clarificação e distinção entre nutrientes orgânicos elaborados pela própria planta e nutrientes inorgânicos absorvidos pela planta, o que contribui para o reforço da *concepção alternativa* referida.

Uma possível forma de lidar com esta *concepção alternativa* poderá passar por um melhor esclarecimento, por parte dos professores de ciências biológicas, da função dos sais minerais, explicando que, não sendo estes o “alimento” da planta,

vão entrar na composição de alguns compostos orgânicos/nutrientes orgânicos por ela sintetizados.

A ideia manifestada por alguns dos alunos e professores de que a respiração da planta é fundamentalmente um processo de trocas gasosas, que ocorre principalmente nas folhas, poderá ser ultrapassada se, no processo de ensino formal, aquando da abordagem ao processo de respiração celular, for feita a distinção com o que se passa nos fenómenos de ventilação.

Por fim, as *concepções alternativas* evidenciadas entre os investigados decorrentes de confusões entre o processo fotossintético e de respiração celular, por vezes difíceis de entender em indivíduos que já passaram por muitos anos de escolarização, poderá ser devida a uma certa falta de explicitação, individualização e estabelecimento correcto da complementaridade existente entre os referidos processos fisiológicos e bioquímicos.

Atente-se, no entanto, que as manifestações em termos de *concepções científicas e alternativas* evidenciadas, de um modo geral, nos alunos dos 1º e 4º anos são diferentes em alguns casos e muito parecidas noutros às manifestações evidenciadas nos professores estagiários, como se poderá concluir da análise dos resultados, cujos elementos foram apresentados no Capítulo 4.

Uma das razões para se ter efectivamente identificado um número significativo e diversificado de *concepções alternativas* nos alunos e professores estagiários pode ter a ver com uma outra característica das *concepções alternativas*, a qual se prende com o seu carácter regressivo. Durante um determinado período de tempo, a dimensão científica dos conceitos veiculados pela instrução escolar terá permanecido disponível até os alunos terem dado provas em situações escolares, persistindo, após esse período e noutros contextos, as *concepções alternativas* anteriores (Driver, 1985; Giordan, 1978; Osborne e Cosgrove, 1983), porque são associadas a crenças e ideias fortemente enraizadas, de natureza tácita e implícita.

Quanto à aplicação de estratégias que promovam efectiva mudança conceptual, parece-nos que determinadas atitudes assumidas na sala de aula em contexto de escolarização formal pelo professor serão passos importantes para a implementação de uma pedagogia de mudança.

Em consonância com Bettencourt e Amaral (1994), entre essas atitudes e propostas de actuação julgamos pertinentes as seguintes:

- Criar condições para que os alunos verbalizem a sua compreensão dos conceitos relacionados com o tópico em estudo, através do diálogo ou de outros meios.
- Identificar padrões de respostas “erradas” em testes, questionários, fichas de trabalho, ou em outras tarefas.
- Solicitar aos alunos a justificação das respostas que anteriormente formularam e que não estão de acordo com a perspectiva científica.
- Estabelecer sequências lógicas de ensino, partindo de uma selecção adequada dos conceitos envolvidos nos tópicos programáticos.
- Fazer uma análise comparativa dos diferentes tipos de respostas a um determinado tema, em momentos diferentes do processo de ensino-aprendizagem, procurando descobrir uma possível evolução das primitivas ideias dos alunos. (p. 69)

Ganha, assim, especial relevo o *conhecimento pedagógico do conteúdo* por parte do professor, o que lhe exige uma perspectiva muito mais ampla, mais integrada e mais contextualizada dos conteúdos programáticos que ensina, por aqui passando, no caso do ensino das ciências, um dos importantes papéis hoje atribuídos à história e à filosofia das ciências, enquanto instrumentos de acção didáctica (Neto, 2000).

Convergindo todos os autores em considerarem que o *conhecimento pedagógico do conteúdo* se desenvolve na base de um processo integrativo, fortemente experiencial, implicando isso que os professores inexperientes, concretamente os iniciantes/estagiários deverão possuir uma base de conhecimento ainda relativamente escassa nesse domínio, nada obsta a que, logo no estágio pedagógico, os professores estagiários sejam motivados para reflectir sobre questões do tipo: Quais são os conceitos fundamentais, capacidades e atitudes que este tópico tem

o potencial de transmitir aos alunos? Quais serão os aspectos deste tópico mais difíceis de compreender pelos alunos? Qual o seu maior interesse intrínseco? Quais os exemplos, semelhanças, analogias, metáforas, demonstrações, simulações, manipulações ou outras que são mais efectivas de transmitir o que de fundamental se pretende? Quais as *concepções alternativas* dos alunos que são mais prováveis de interferir na aprendizagem de determinado tópico?

Na investigação realizada junto dos nossos professores estagiários, o que de facto mobilizou a nossa actuação e esforço foi tentar alargar, efectivamente, a sua base de conhecimentos, no que se refere ao *conhecimento pedagógico dos conteúdos*, neste caso concreto o relacionado com a *Nutrição e a Respiração das Plantas*.

## **2. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Parece-nos importante salientar a evidente falta de impacte sobre as práticas docentes efectivas dos estudos empíricos realizados no quadro do designado *Movimento das Concepções Alternativas - MCA*, sobre as práticas docentes. Essa lacuna parece dever-se, essencialmente, a uma insuficiente inter-relação entre quem faz a investigação e quem dela necessita, isto é, ao fosso que ainda persiste entre o que se pode chamar a cultura de investigação e a cultura de acção.

A maior parte dos resultados das investigações não chegam, de facto, aos docentes que desenvolvem a sua actividade no terreno, ou seja, no palco de todas as actuações quotidianas que se prendem com o processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, os problemas levantados pelas práticas, bem como as necessidades sentidas pelos docentes não chegam, ou não são sentidas, pela grande maioria dos investigadores académicos.

Os comentários, críticas e sugestões apresentadas ao longo do trabalho, relativamente à possibilidade de implementação de modelos de mudança conceptual, em contexto escolar, não são incompatíveis com um sem número de questões pertinentes que podem ser levantadas por muitos docentes, quando confrontados com as realidades escolares, sociais, económicas e políticas das regiões onde desenvolvem a sua actividade profissional.

Algumas pistas para a procura de soluções a uma série de questões que se possam levantar ressaltam quer dos comentários previamente efectuados, quer dos dados da investigação apresentada. Isto apesar de a investigação que resolvemos levar a cabo nos ter confrontado com algumas limitações essencialmente relacionadas com o tipo de instrumentos utilizados para recolha de dados, particularmente no decurso da abordagem descritiva do estudo. Como já tivemos oportunidade de referir, o questionário apresenta, na verdade, limitações no sentido em que se o questionado não apreender o real sentido das questões formuladas, pode ser levado a responder de uma forma menos correcta e adequada o que, por si só, pode distorcer ou enviesar os resultados e as conclusões deles derivadas. Também nos foi por vezes particularmente difícil perceber com total clareza as ideias expressas nas frases redigidas por alguns dos questionados assim como entender todas as ideias expressas nos mapas de conceitos por eles construídos.

Por outro lado, teria sido importante e frutífero entrevistar todos os investigados; não o fizemos por óbvias razões logísticas e de gestão de tempo. Em investigações futuras esta poderá ser uma das áreas a desenvolver.

Uma outra área onde se poderá investir em próximos trabalhos de investigação poderá ser a que se relaciona com o alargamento deste tipo de estudo a outros tópicos da Biologia também eles considerados problemáticos (caso da genética, por exemplo) e sobre os quais muito se poderá desenvolver em termos do conhecimento pedagógico de conteúdos específicos da Biologia. Por outro lado, e não menos relevantes, serão por certo investigações que se prendam com a melhor

definição e clarificação de determinados termos, e conceitos a eles associados, utilizados vulgarmente pela Biologia.

Ao longo do presente estudo, procurámos abordar e dar consecução prévia a aspectos relacionados com as dimensões formativa e reflexiva, enquanto processos de desenvolvimento do professor iniciante/estagiário, e com o desenvolvimento do professor enquanto processo global e dialéctico que, nomeadamente, implica a construção do seu conhecimento pessoal e profissional, sobretudo no que se refere à capacidade de reflectir sobre o seu próprio conhecimento e sobre a sua prática (Schön, 1987).

Nesse sentido, o estágio pedagógico pode constituir-se como um momento privilegiado para o professor iniciante/estagiário melhorar os seus “Saberes”, “Saber-Fazer”, “Saber-Ser” e “Saber-Fazer-Ser”, através de um processo de auto-análise, auto-reflexão crítica e auto-avaliação que, por certo, o tornarão num profissional mais proficiente, capaz de cumprir os grandes objectivos de uma educação que se quer de qualidade, que os novos tempos exigem, e que o recém criado Instituto Nacional de Acreditação da Formação de Professores (INAFOP), por certo exigirá também, ao defender os *Padrões de Qualidade da Formação Inicial de Professores*, por si homologados e já em vigor.

Será, no entanto, no percurso efectuado pelos docentes e discentes, desde a defesa das suas ideias, passando pelo seu confronto, até à escolha de opções, realizada de forma consciente e bem fundamentada em novos dados ou em novas interpretações, que se criarão situações de ensinos de real qualidade e, conseqüentemente, de aprendizagens verdadeiramente significativas. Isso dependerá sempre de encontros e confrontos positivos entre a Pessoa que aprende e a Pessoa que ensina, o que terá sempre a ver com a existência de espírito de abertura à mudança.

É aceite que as teorias científicas e as explicações dos fenómenos naturais não podem ser descobertos de forma simplista pelo próprio aluno, mas é da troca de ideias entre os seus pares e o professor que poderá resultar a compreensão dos conceitos (Driver, 1989; Sutton, 1992).

A abertura à mudança, sendo um imperativo dos nossos tempos, neste início de século e de milénio constitui, afinal, um dos princípios orientadores substantivos da nossa própria Lei de Bases do Sistema Educativo: *preparar os jovens de hoje para vencer os desafios do amanhã*. Um princípio que o grande pensador que foi Vygotsky bem acarinharia, quando sustentava: “what the child can do in cooperation today, he can do alone tomorrow”. É uma percepção que um dos nossos professores estagiários muito bem, e a propósito, veiculou, ao afirmar:

*Eu penso que temos de pensar nos alunos! Por vezes estamos só concentrados no que temos para ensinar...acho que este trabalho nos mostrou que os alunos...quer dizer as ideias deles são o mais importante!*

# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA<sup>7</sup>

- A.A.A.S. (1997). *Project 2061 - Science Literacy for a Changing Future*. Washington, DC: A.A.A.S. Publications.
- AAVV (1993). *Plant physiology*. Estados Unidos da América: Hodder & Stoughton, The Open University.
- AAVV (1997). *Bioquímica*. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas.
- AAVV (2001). *Dicionário da Língua Portuguesa contemporânea*. Lisboa: Editorial Verbo.
- Almeida, L. S. (1991). *O desenvolvimento pessoal dos alunos e professores. A experiência da escola cultural*. Cadernos da Escola Cultural, 3. Braga: Edições da AEPEC.
- Amir, R. e Tamir, P. (1990). *Detailed analysis of misconceptions as a basis for developing remedial instruction: the case of photosynthesis*. Comunicação apresentada no congresso anual da American Educacional Research Association, Boston.
- Anderson, C. M. et al. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 761-776.
- Anderson, L. e Burns, R. (1991). *Research in classrooms: the study of teachers, teaching, and instruction*. Londres: Pergamon Press.
- Atkinson, S. (1994). Rethinking the Principles and Practice of Action Research. The tensions for the teacher - researcher. *Educational Action Research*, Vol 2, N.º 3, pp. 383-401.
- Aureli, C. (1994). Estructura y evolución de los proyectos de ciencias experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1, 8-20.
- Ausubel, D. P., et al. (1978). *Education psychology: a cognitive view* (2ª ed.). Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston.
- Azcon-Bieto, J. e Talon, M. (1996). *Fisiologia y Bioquímica Vegetal*. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de España.

---

<sup>7</sup> Adoptamos neste trabalho, genericamente, as normas preconizadas pela APA (American Psychological Association), no que diz respeito a referências bibliográficas inseridas no texto, bem como na organização da presente lista, em consonância com o que se vem tornando regra no mundo da investigação educacional, particularmente da identificada com o ensino e aprendizagem das ciências.

- Azevedo, C. (1992). *Biologia Celular*. Porto: Edição da Fundação Gomes Teixeira.
- Bachelard, G. (1984). *A Epistemologia*. Lisboa: Edições 70. (Tradução do original francês L'épistémologie.)
- Baker (1991). Misconception. *Science Education*, 75 (3), 323-330.
- Barrabín, J. M. e Sánchez, R. G. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 53-63.
- Beckett, B. S. (1982). *Biology: A modern introduction* (2ª ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Bettencourt, T. e Amaral, I. (1994). A nutrição das plantas. *Ensino das Ciências e Formação de Professores - Projecto Mutare - Universidade de Aveiro*, 3, 33-87.
- Black, P. J. e Lucas, A. M. (Eds.) (1993). *Children's informal ideas in science*. London: Routledge.
- Bogdan, R. C. e Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação - uma investigação à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora. (Tradução do original em Inglês *Qualitative research for education*, publicado em 1991.)
- Boggino, N. (1997). *Cómo elaborar mapas conceptuales en la escuela: aprendizaje significativo y globalizado. Uducación inicial, E.G.B. y polimodal*. Rosario: Homo Sapiens Ediciones.
- Bordenave, J. D. e Pereira, A. M. (1989). *Estratégias de ensino-aprendizagem* (11ª ed.). Petrópolis: Vozes.
- Bruner, J. (1985). On teaching thinking: an afterthought. In S. Chipman et al. (Eds.). *Thinking and learning skills: research and open questions*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum.
- Bruner, J. (1989). *Acción, pensamiento y language*. Madrid: Alianza Psicología. (Tradução do original inglês.)
- Bryman, A. e Cramer, D. (1993). *Análise de dados em Ciências Sociais - introdução às técnicas utilizando o SPSS* (2ª ed.). Oeiras: Celta Editora.
- Caballer, M.J., Giménez, I. e Madrid, A. (1995). La enseñanza de la Biología y la resolución de problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 53-58.
- Cachapuz, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In A. D. Carvalho (ed). *Novas metodologias em educação*. Porto: Porto Editora, 349-385.

- Calderhead, J. (1991). The nature and growth of knowledge in student teaching. *Teaching & Teacher Education*, 7, 531-535.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la “respiración inversa” de las plantas: un problema de secuenciación de los contenidos? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1, 21-36.
- Carola, H. e Vaz, A. N. (1996). *Contributos para um melhor conhecimento do processo fotossintético/nutrição das plantas*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Carola, H. e Vaz, A. N. (1996). *Contributos para uma reflexão relativa à construção do conhecimento do professor*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Carola, H. e Vaz, A. N. (1996). *Elementos para um tratamento didáctico de concepções alternativas sobre a nutrição das plantas*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Carr, W. (1993). *Calidad de la enseñanza e investigación-acción*. Sevilla: Díada Editora.
- Carrasco, J. B. e Hernández, J. F. C. (2000). *Aprendo a investigar en educación*. Madrid: Ediciones Rialp, S.A.
- Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. In W. R. Houston (ed.), *Handbook of research on teacher education*, (pp. 291-310), New York: Macmillan Ed.
- Cid, M. (1995). *A Ciência-Tecnologia-Sociedade na formação de professores e efeitos na aprendizagem dos alunos*. Tese de Mestrado não publicada, Universidade de Lisboa.
- CLIS (1987). *Clis in the classroom: approaches to teaching plant nutrition*. Leeds: University of Leeds.
- Cohen, L. e Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: Editorial “La Muralla”, S. A.
- Contreiras, J. (1992). *Fisiologia e bioquímica da respiração das plantas superiores*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Contreras, L. C. (1997). El uso de mapas conceptuales como herramienta educativa en el ámbito de los números racionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 111-122.

- Cook, T. D. e Reichardt, C. S. (1995). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata, S.L. (Tradução do original em Inglês *Qualitative and quantitative methods in evaluation research*, publicado em 1982.)
- Cosgrove, M. e Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In R. Osborne e P. Freyberg (Eds.). *Learning in science: the implications of children's science*. New Zealand: Heinemann Publishers.
- Costa, A. e Pereira, I. (1995). *Programa de fisiologia vegetal I. Disciplina semestral da licenciatura em ensino de biologia e geologia*. Universidade de Évora, Departamento de Biologia, Évora.
- Crespo, X., et al. (1992). *Grande enciclopédia das ciências - Botânica*. Lisboa: Ediclube. (Tradução de H. Reis.)
- Cruz, M. N. (1989). *Utilização de estratégias metacognitivas no desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas – um estudo com alunos de Física e Química do 10º ano*. Dissertação de Mestrado, Projecto Dianóia. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- Cubero, R. (1995). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos* (3ª ed.). Sevilha: Díada Editora S. L.
- D'Hainaut, L. (1992). *Conceitos e métodos da estatística* (vol. II). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Tradução do original em Francês *Concepts et methodes de la statistique*, tome 2, 1975.)
- Dagher, Z. R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change?. *Science Education*, 78 (6), 601-614.
- Damáso, A. R. (1995). *O erro de Descartes – emoção, razão, e cérebro humano* (6ª ed.). Lisboa: Publicações Europa-América.
- De Corte, E., Geerligts, T., Peters, J., Lagerweij, N. e Vandenberghe, R. (1996). *Les fondements de l'action didactique* (3ª ed.). Bruxelles: De Boeck Université.
- De Vecchi, G. e Giordan, A. (1996). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?* Nice: Z'édicions.
- Dewey, J. (1980). The need for a philosophy of education. In Erickson & Whiteley (Eds.). *Developmental counseling and teaching*. Monterey, CA: Cole Publ. Comp.
- Dewey, J. (1989). *Cómo pensamos*. Barcelona: Ediciones Paidós (1ª Ed. Inglesa de 1933).
- Domingo, J. C. (1987). De estudiante a profesor: socialización y aprendizaje en las prácticas de enseñanza. *Revista de Educación*, 282, 203-231.

- Domingos, A. M., Neves, I. P. e Galhardo, L. (1987). *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem* (3ª ed.). Lisboa: Livros Horizonte.
- Driver, R. (1985). *The pupil as a scientist?*. Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. e Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R. e Oldham, V. (1995). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. In R. Porlán, J. E. Garcia e P. Cañal (comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editora.
- Driver, R., Guesne, E. e Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. e Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. e Wood-Robinson, V. (1995). *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. Londres e Nova York: Routledge.
- Enger, S. K. (1996). *Concept mapping: visualizing student understanding*. Comunicação apresentada no encontro anual de Mid-South Educational Research Association, Tuscaloosa, AL.
- Estrela, A. e Estrela, M. T. (1976). *A técnica dos incidentes críticos no ensino*. Lisboa: Editorial Estampa.
- Flavell, J. H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. E. Weinert e R. H. Kluwe (Eds.). *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fontes, M. A. e Duarte, M. C. (1992). Creencias populares y enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 89-93.
- Furió, C. J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 188-199.
- Furió, C. J. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 7-17.
- Galili, I. e Lehavi, J. (1997). *Undergraduate Physics Majors Conceptual Knowledge: sufficient for Future Teachers?* Póster apresentado na 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Atenas.

- García González, F. M. (1992). Los mapas conceptuales de J. D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 148-158.
- García González, F. M. e Iraizoz, N. (2001). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 28, 39-51.
- Garret, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 6-15.
- Ghiglione, R. e Matalon, B. (1993). *O inquérito - teoria e prática (2ª ed.)*. Oeiras: Celta Editora.
- Gil Pérez, D., Martínez Torregosa, J. e Senent Pérez, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 131-144.
- Gil, A. C. (1991). *Como elaborar proyectos de pesquisa (3ª ed.)*. São Paulo: Editorial Atlas S. A.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. e Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Hòrsori: ICE/Universitat de Barcelona.
- Giordan, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 105-110.
- Giordan, A. e de Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos (2ª ed.)*. Sevilla: Díada Editora.
- Goffard, M. (1994). *Le problème de Physique et Pédagogie*. Paris: ADAPT.
- Gómez, G. R., Flores, J. G. e Jiménez, E. G. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe, S. L.
- Goodman, J. (1987). Reflexión y formación del profesorado: estudio de casos y análisis teórico. *Revista de Educación*, 284, 223-244.
- Gordon, S. P. (2000). *Como ajudar os professores principiantes a ter sucesso*. Cadernos do CRIAP, 8. Porto: Edições ASA.
- Hayman, J. (1984). *Investigación y educación*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S. A.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.
- Hopkins, W. G. (1995). *Introduction to plant physiology*. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons, Inc..

- Huberman, M. (1989). *La vie des enseignements: évolution et bilan d'une profession*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Huberman, M. (1992). O ciclo de vida profissional dos professores. In A. Nóvoa, *Vidas de professores*, (pp. 31-61), Porto: Porto Editora.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 8, 7-21.
- Jiménez, A. M. (1993). Ideas previas en la botánica. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (2), 130-135.
- Jones, K., Gaudin, A. (1983). *Introdução à biologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Tradução de A. X. Cunha.)
- Keeves, J. P. (1988). *Educational research, methodology and measurement. An International Handbook*. University of Melbourne, Victoria, Austrália.
- Kelly, G. A. (1991). *The psychology of personal constructs*. Volume one: *A theory of personality*. Londres: Routledge.
- Kemmis, S. e Mc Taggart, R. (1992). *Cómo planificar la investigación - acción* (1ª ed.). Barcelona: Editorial Laertes.
- Kohlberg, L. e Mayer, R. (1972). Development as the aim of education. *Harvard educational review*, 42, 449-496.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2ª ed.). Chicago: Chicago University Press.
- Lakatos, E. M. e Marconi, M. A. (1995). *Metodologia do trabalho científico* (4ª ed.). São Paulo: Editorial Atlas S. A.
- Lawson, A. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa?. *Journal of Research in Science teaching*, 25 (3), 185-199.
- Lessard-Hébert, M. et al. (1994). *Investigação qualitativa - fundamentos e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget. (Tradução do original em Francês *Recherche qualitative: fondements et pratiques*, publicado em 1990.)
- Machado, C. (1996). *Tornar-se professor - da idealização à realidade*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Marrero, J. (1993). Las teorías implícitas del profesorado: vínculo entre la cultura y la práctica de la enseñanza. In M. J. Rodrigo, A. Rodríguez e J. Marrero (Eds.). *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Aprendizaje Visor.

- Mateos, J. A. (1993). Ideas previas en la Botánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 130-136.
- Mauseth, J. D. (1995). *Botany: an introduction to plant biology* (2ª ed.). Filadélfia: Saunders College Publishing.
- Mauseth, J. D. (1995). *Botany: na introduction to plant biology*. Estados Unidos da América: Saunders College Publishing.
- McCraken, G. (1988). *The long interview*. Califórnia: Sage Publications.
- Mellado, V., Blanco, L. e Ruiz, C. (1998). A framework for learning to teach science in initial primary teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (3), 195-219.
- Meyer, B., Anderson, D., Böhning, R. e Fratiante, D. (1973). *Introdução à fisiologia vegetal* (2ª ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Miguéns, M. e Garret, R. M. (1991). Práticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas e possibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 229-236.
- Ministério da Educação (s.d.). *Ciências da Terra e da Vida, Biologia, Geologia. Organização curricular e programas: ensino secundário*. Lisboa: Autor.
- Ministério da Educação (s.d.). *Programa de Ciências Naturais. Plano de organização do ensino-aprendizagem: ensino básico (3º ciclo)*. Lisboa: Autor.
- Ministério da Educação / Departamento de Avaliação, Prospectiva e Planeamento (1997). *Estatísticas da Educação, 95*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Neto, A. J. (1995). *Contributos para uma nova didáctica da resolução de problemas - um estudo de orientação metacognitiva em aulas de física do ensino secundário*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Neto, A. J. (1996). *Resolução de problemas: recursos psicológicos fundamentais*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Neto, A. J. (1998). *Resolução de problemas em física - conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Neto, A. J. (2000). *A disciplina de didáctica da física e da química*. Texto não publicado, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Nickerson, R. S. (1987). Why teach thinking? In J. Baron e R. J. Sternberg (Eds.). *Teaching thinking skills: theory and practice*. NY: W. H. Freeman and company.

- Novais, A. e Cruz, N. (1987). O ensino das ciências e o desenvolvimento das capacidades metacognitivas. *Aprender a pensar - Projecto Dianoia*, 93-143.
- Novak, J. D. (1995). El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicologicos y epistemologicos. In R. Porlán, J. E., Garcia e P. Canãl (comp.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Editora.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Novak, J. D. e Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nóvoa, A. (1992). A formação de professores e profissão docente. In A. Nóvoa (ed.), *Os professores e a sua formação* (pp. 15-33), Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Oliveira, M. T. M. (1991). *Didáctica da biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Oliveira, V. (1993). *A responsabilidade social como finalidade na educação em Química*. Tese de Mestrado não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Ontoria, A. et al. (1994). *Mapas conceptuales una tecnica para aprender*. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
- Ortega y Garret, J. (1986). *Ideas y creencias*. Madrid: Alianza Editorial, S. A. (1ª ed. - Buenos Aires, 1940).
- Osborne, R. e Freyberg, P. (Eds.) (1985). *Learning in science: the implications of children's science*. Londres: Heinemann.
- Osborne, R. e Tasker, R. (1985). Introducing children's ideas to teacher. In R. Osborne e P. Freyberg (Eds.). *Learning in science: the implications of children's science*. New Zealand: Heinemann Publishers.
- Osborne, R. J. e Wittrock, M. C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67 (4), 489-508.
- Palmer, D. H. (1998). Measuring contextual error in the diagnosis of alternative conceptions in science. *Issues in Educational Research*, 8(1), 65-76. <http://education.curtin.edu.au/iier8/palmer.html>
- Patrício, M. F. (1983). *Teoria da Educação*. Évora: Edição da A. E. U. E.
- Patrício, M. F. (1997). Visão prospectiva do professor para os anos 2000. In M. F. Patrício (Org.). *Formar professores para a Escola cultural no horizonte dos anos 2000*. Coleção Mundo de Saberes, 20. Porto: Porto Editora.

- Pedro, M. H. P. (1997). *Mudança conceptual: um estudo do conceito de fotossíntese nos alunos da formação inicial da Escola Superior de Educação de Lisboa*. Dissertação não publicada, Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Educação, Lisboa.
- Pérez Gómez, A. (1992). O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. In A. Nóvoa (ed.), *Os professores e a sua formação* (pp. 93-114), Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Perrenoud, P. (1993). *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação - perspectivas sociológicas*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Pfundt, H. e Druit, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education*. Kiel: Institute for Science Education, 4<sup>a</sup> ed.
- Piaget, J. (1987). *Psicogénese e história das ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Tradução do original francês *Psychogenèse et histoire des sciences*, 1983.)
- Popper, K. e Lorenz, K. (1990). *O futuro está aberto* (2<sup>a</sup> ed.). Lisboa: Editorial Fragmentos. (Tradução do original alemão.)
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo e escuela. Hacia un modelo de enseñanza - aprendizaje baseado en la investigación*. Sevilha: Díada Editora.
- Porlán, R. et al. (compiladores). (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilha: Díada Editora S.L..
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. e Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 18-26.
- Quivy, R. e Campenhoudt, L. V. (1992). *Manual de investigação em ciências sociais*. Lisboa: Gradiva. (Tradução do original francês.)
- Riba, C. (1992). *Marco de referencia de la investigación educativa en tanto que disciplina social*. In J. Rué (Ed.) *Investigar para inovar en educación*. Barcelona: Institut de Ciències de L'Éducació - Universitat Autònoma de Barcelona.
- Rodrigo, M. J. (1994). El hombre de la calle, el científico y el alumno: un solo constructivismo o tres? *Investigación en la Escuela*, 23, 7-15.
- Rodrigo, M. J., Rodríguez, A. e Marrero, J. (1993). *Las teorías implícitas: una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Aprendizaje Visor.

- Roque, M., Ferreira, A. e Castro, A. (1997). *Ciências da terra e da vida: 11º ano*. Porto: Porto Editora.
- Roth, W. (1994). Student views of collaborative concept mapping: na emancipatory research project. *Science Education*, 78, 1-34.
- Rutherford, F. J. e Ahlgren A. (1995). *Ciência para todos*. Lisboa: Gradiva.
- Sá-Chaves, I. (2000). *Portfolios reflexivos - estratégia de formação e de supervisão*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Salisbury, F., Ross, C. (1984). *Plant physiology*. Wadsworth: International Thompson Organisation.
- Santos, B. S. (1996). *Um discurso sobre as ciências* (8ª ed.). Porto: Edições Afrontamento.
- Santos, M. E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Santos, M. E. (1992). As concepções alternativas dos alunos à luz da epistemologia Bachelardiana. In Cachapuz, A. (coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores. I*, Universidade de Aveiro, Projecto Mutare, 35-56.
- Santos, M. E. e Praia, J. F. (1992). Percurso de mudança na didáctica das ciências. Sua fundamentação epistemológica. In *ensino das Ciências e Formação de Professores*, 7-34. Aveiro: Projecto MUTARE, Universidade de Aveiro.
- Santos, M. E. e Valente, M. O. (1995). A atmosfera CTS nos currículos e nos manuais de ciências. *Noeris*, 34, 22-27.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Joney-Bass Publishers.
- Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona: Paidós.
- Sequeira, M. C. (1995, Setembro). *Metodologia do Ensino das Ciências no Contexto Ciência-Tecnologia-Sociedade. Comunicação apresentada no III Encontro Nacional de Didáctica/Metodologias da Educação*, Braga: Universidade do Minho.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Silva, A. D., Gramaxo, F., Santos, M. E., Mesquita, A. F. e Baldaia, L. (1997). *Terra, universo de vida: ciências da terra e da vida - 11º ano*. Porto: Porto Editora.

- Smith, E. L. e Anderson, C. W. (1984). Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science teaching*, 21 (7), 685-698.
- Solé, I. e Coll, C. (1993). Los profesores y la concepción constructivista. In C. Coll et al. (Eds.). *El constructivismo en el aula* (1ª ed.). Barcelona: Editorial Graó.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (1998). *Plant physiology* (2ª ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers.
- Trindade, V. M. (1996). *Estudo da atitude científica dos professores*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Tull, K. (1990). *Elementary textbooks versus the child: conflicting perceptions of biology*. Comunicação apresentada no congresso anual da National Association of Research in Science Teaching, Lake Geneva, WI.
- Valente, M. O. (1980). Da natureza da ciência à atmosfera das aulas de física. *Gazeta de Física*, VII, 1-7.
- Valente, M. O., Neto, A. J. e Valente, M. (1989). Resolução de problemas em Física: necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional. *Gazeta de Física*, 12 (2), 70-78.
- Vázquez Alonso, A. (1994). El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 3-14.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: Editorial la Pleyade. (Tradução do original em russo.)
- Wandersee, J. (1983). *Students' Misconceptions about photosynthesis: a cross age study*. In H. Helm e J. D. Novak (Eds.). *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*, 441-466. Ithaca NY: Cornell University Press.
- Wandersee, J. H. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 923-936.
- Weier, T. E., Stocking, C. R., Barbour, M. G. e Rosta, T. L. (1982). *Botany: an introduction to plant biology*. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.
- Weil, J. H. (1983). *Bioquímica geral* (4ª ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Whitehead, A. N. (1970). *The aims of education, and others essays* (2ª ed.). Londres: Ernest Benn limited.
- Zeichner, K. (1993). O professor como prático reflexivo. In K. Zeichner, *A formação reflexiva dos professores: ideias e práticas*, (pp. 13-28), Lisboa: Educa.