

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
DEPARTAMENTO DE PEDAGOGIA E EDUCAÇÃO

CONTRIBUTOS PARA UMA PEDAGOGIA DA MUDANÇA CONCEPTUAL
APLICAÇÃO DE MODELOS DIDÁCTICOS CONSTRUTIVISTAS
EM GEOCIÊNCIAS
-O CASO DA SISMOLOGIA NO ENSINO SECUNDÁRIO-

VOLUME I

JOSÉ LUÍS LAGOA D'OREY

ÉVORA/1998

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

DEPARTAMENTO DE PEDAGOGIA E EDUCAÇÃO

**CONTRIBUTOS PARA UMA PEDAGOGIA DA MUDANÇA CONCEPTUAL
APLICAÇÃO DE MODELOS DIDÁCTICOS CONSTRUTIVISTAS
EM GEOCIÊNCIAS
-O CASO DA SISMOLOGIA NO ENSINO SECUNDÁRIO-**

VOLUME I

JOSÉ LUÍS LAGOA D'OREY



92248

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre em Educação (Metodologia do Ensino das Ciências-Geologia)
sob a orientação de:

Prof. Doutor Luís Marques (Universidade de Aveiro)

ÉVORA/1998

37
ORE C

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Luís Marques pela forma empenhada como orientou o trabalho, pela disponibilidade que sempre manifestou e ainda pelas preciosas sugestões e conselhos que me transmitiu;

Ao Professor Doutor Vítor Trindade, pelo apoio, sugestões e incentivo que sempre me transmitiu;

Ao Professor Doutor António Neto, pela validação de alguns instrumentos de recolha de dados e pelo apoio documental que me facultou;

Ao Professor Doutor João Praia, pela validação científica de alguns instrumentos de pesquisa;

Ao Professor Doutor António Correia, pelo cuidado depositado na revisão do texto do terceiro capítulo;

À Dra. Isabel Fialho, pelo apoio documental que me disponibilizou;

À Dra. Maria Amélia Velez, pela sua colaboração na revisão do texto;

Aos alunos da Escola Secundária Pública Hortênsia de Castro que participaram neste estudo;

À Comissão Executiva Instaladora da Escola Secundária Pública Hortênsia de Castro pelo apoio concedido;

Ao Centro de Formação Alborvil que possibilitou o visionamento das aulas;

A todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que tivesse sido possível ao autor a conclusão deste trabalho;

Por fim, mas não por último, à minha família, em particular aos meus pais, à Isabel minha esposa, e aos meus filhos César e Inês, por alguns momentos de ausência física e afectiva.

RESUMO

A linha de investigação sobre concepções alternativas após alguns anos dedicados à investigação das representações dos alunos tem vindo a defender a necessidade de ir mais além. Preconiza a passagem da fase descritiva que se ocupa da inventariação das concepções dos alunos acerca de diversos conceitos de ciência para uma fase operativa : como utilizar tais concepções numa aprendizagem mais efectiva.

Esta nova corrente pedagógica designada por “Movimento das Concepções Alternativas” tem realçado a necessidade de investigar qual o tratamento didáctico a dar às representações dos alunos sobre os diversos conceitos das ciências, sugerindo o recurso a modelos didácticos de orientação construtivista.

O estudo realizado procura investigar a influência na mudança conceptual nos alunos com a utilização de modelos de ensino/aprendizagem de raiz construtivista na aprendizagem de conceitos.

Incide, fundamentalmente, sobre conceitos curriculares enquadrados no tema programático “sismologia” do décimo ano do Ensino Secundário.

O trabalho, dividido em duas partes, inicia-se, na primeira, com uma síntese teórica acerca do tema sendo feita uma revisão de literatura relativa ao contexto em que surge o modelo construtivista de ensino das ciências e as investigações levadas a cabo nesse domínio. Na segunda parte, é relatada a investigação empírica efectuada, tendo-se recorrido a uma metodologia essencialmente qualitativa. Esta inicia-se com a identificação das concepções dos alunos acerca do tópico em estudo, com recurso à técnica de inquérito por questionário. O estudo prossegue, numa segunda fase, em contexto de sala de aula, com uma turma do décimo ano de escolaridade, na qual foi aplicado de um modelo de ensino de raiz construtivista.

Com esta investigação pretendemos destacar que, para além da necessidade de ter em conta as concepções dos alunos, a aprendizagem conceptual só será efectiva se se utilizarem metodologias construtivistas, potenciadoras da modificação de tais concepções e, por isso, promotoras da mudança conceptual.

Os resultados obtidos permitem-nos concluir que, para além da necessidade de contar com as representações dos alunos, há que utilizar adequadamente tais representações, enquadradas em modelos de raiz construtivista que contemplem algumas etapas fundamentais como o reconhecimento das representações dos alunos, a reflexão acerca dessas representações, a reconstrução de quadros conceptuais e a re-avaliação das modificações conceptuais operadas.

Palavras-Chave

Aprendizagem construtivista, aprendizagem conceptual, construtivismo, concepções alternativas, ideias alternativas, mudança conceptual, representações dos alunos

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE QUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII

INTRODUÇÃO.....	1
------------------------	----------

PARTE I

FUNDAMENTO TEÓRICO

Capítulo 1

-PERSPECTIVAS ACTUAIS DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	9
---	----------

1.1 - A APRENDIZAGEM POR TRANSMISSÃO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	18
--	-----------

1.2 - EMPIRISMO E A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	20
--	-----------

1.2.1 - A INFLUÊNCIA DO EMPIRISMO NA CRISE DA APRENDIZAGEM POR TRANSMISSÃO.....	20
--	-----------

1.2.2 - PERSPECTIVAS DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DE BASE EPISTEMOLÓGICA EMPIRISTA.....	21
---	-----------

1.2.2.1 - Pedagogia por Objectivos (PPO).....	23
--	-----------

1.2.2.2 - Aprendizagem por Descoberta(APD).....	26
--	-----------

1.3 - O RACIONALISMO E O CONSTRUTIVISMO COMO ALTERNATIVA AO INDUTIVISMO.....	28
---	-----------

1.3.1 – O “CONSTRUTIVISMO” APARENTE DOS ANOS 60/70 E A CRÍTICA RACIONALISTA.....	28
1.3.2 - A INFLUÊNCIA DA “NOVA FILOSOFIA DA CIÊNCIA” NA EMERGÊNCIA DO PARADIGMA CONSTRUTIVISTA.....	30
1.3.3 - O CONSTRUTIVISMO.....	37
1.3.4 – CONTRIBUTOS DA PSICOLOGIA COGNITIVISTA PARA UMA DIDÁCTICA CONSTRUTIVISTA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	45
1.3.5 - A PERSPECTIVA COGNITIVO/CONSTRUTIVISTA E O ENSINO/ APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS POR MUDANÇA CONCEPTUAL	50
1.3.5.1 - A Mudança Conceptual como Meta.....	52
1.3.5.2 -Da Mudança Conceptual à necessidade de uma Mudança Metodológica e Atitudinal	58
 <i>Capítulo II</i>	
-REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS.....	63
2.1 – AS REPRESENTAÇÕES ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	64
2.2 - A LINHA DE INVESTIGAÇÃO SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E O DESENVOLVIMENTO DA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA NA DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS.....	69
2.3 - REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS: DIVERSIDADE TERMINOLÓGICA.....	73
2.4 - AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS DA TERRA	77
 <i>Capítulo III</i>	
-O ENSINO/APRENDIZAGEM DA SISMOLOGIA: UMA ABORDAGEM CURRICULAR.....	80

3.1 - O ESTUDO DA SISMOLOGIA NO ENSINO SECUNDÁRIO.....	83
3.1.1 - OS OBJECTIVOS.....	83
3.1.2 - OS CONTEÚDOS.....	84
3.1.2.1 - A Sismologia.....	86
3.1.2.2 - A Importância dos Estudos de Sismologia.....	88
3.1.2.3 - Conceito de Sismo.....	90
3.1.2.4 - Mecanismos Geradores de Sismos.....	91
3.1.2.5 - Ondas Sísmicas-Modos de Propagação.....	93
3.1.2.6 - Detecção de Sismos.....	97
3.1.2.7 - Intensidade e Magnitude.....	101
3.1.2.8 - Causas dos Sismos.....	106
3.1.2.9 - Os Sismos em Portugal: Contexto em que se verificam.....	107

Capítulo IV

-MODELOS PEDAGÓGICO/DIDÁCTICOS DE ORIENTAÇÃO CONSTRUTIVISTA112

4.1 - O PAPEL DO PROFESSOR NA DIDÁCTICA CONSTRUTIVISTA.....113

4.2 - MODELOS DIDÁCTICOS E ESTRATÉGIAS DE RAÍZ CONSTRUTIVISTA.....115

PARTE II

O DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

Capítulo V

-QUADRO METODOLÓGICO E O DESENHO DA INVESTIGAÇÃO.....130

5.1 - O CONTEXTO EDUCACIONAL DO PROBLEMA EM INVESTIGAÇÃO.....	131
5.1.1 - O PROBLEMA.....	136
5.1.2 - OS OBJECTIVOS.....	137
5.1.3 - A ESCOLHA DO TÓPICO.....	139
5.1.4 - AS HIPÓTESES.....	141
5.1.5 – AS DIFERENTES “AMOSTRAS” UTILIZADAS NO ESTUDO.....	142
5.2 - AS ETAPAS DA INVESTIGAÇÃO	143
5.2.1 - A OBTENÇÃO DOS PRIMEIROS DADOS.....	145
5.2.2 - O ESTUDO PILOTO: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS IDEIAS PRÉVIAS DOS ALUNOS.....	146
5.2.3 - A APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO: ESTUDO PRINCIPAL.....	147
5.2.4 - A PLANIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES A DESENVOLVER NA SALA DE AULA.....	148
5.2.5 - A ELABORAÇÃO DOS MATERIAIS.A UTILIZAR NA SALA DE AULA.....	151
5.2.5.1 - As Fichas de Trabalho.....	153
5.2.5.2 - Outros Materiais.....	154
5.2.6 – A IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO NO CONTEXTO DA SALA DE AULA.....	155
5.2.7 - A AVALIAÇÃO DA MUDANÇA CONCEPTUAL.....	157
5.2.7.1 - A Aplicação de Mapas de Conceitos.....	158
5.2.7.2 - A Aplicação do Questionário.....	158
5.3 - OS INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA INVESTIGAÇÃO.....	159
5.3.1 - OS QUESTIONÁRIOS.....	159
5.3.1.1 - O Questionário Aberto para Identificação das Ideias Prévias dos Alunos.....	161

5.3.1.2 - O Questionário Fechado para Apreciação da Mudança Conceptual dos Alunos.....	165
5.3.2 - O MAPA DE CONCEITOS.....	166
5.3.3 - OS MATERIAIS CURRICULARES PRODUZIDOS.....	169
5.4 - A VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO.....	169
 <i>Capítulo VI</i>	
-RESULTADOS.....	171
6.1 - AS IDEIAS DOS ALUNOS ACERCA DO TÓPICO EM ESTUDO.....	173
6.1.1 - A ANÁLISE DE CONTEÚDO: INVENTÁRIOS CONCEPTUAIS....	173
6.1.1.1 -Análise de Dados do Questionário Piloto.....	175
6.1.1.2 - Análise de Dados da Aplicação do Questionário no Estudo Principal: Ideias Alternativas Identificadas.....	177
6.2 - APRECIÇÃO DAS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS NA SALA DE AULA: DESCRIÇÃO E RESULTADOS.....	211
6.3 - A AVALIAÇÃO DA MUDANÇA CONCEPTUAL DOS ALUNOS.....	222
6.3.1 – INTERPRETAÇÃO DOS MAPAS DE CONCEITOS.....	223
6.3.1.1 - A Opinião dos Alunos.....	224
6.3.1.2 - A Nossa Análise.....	226
6.3.2 - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FECHADO.....	227
 <i>Capítulo VII</i>	
-CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA OUTRAS INVESTIGAÇÕES.....	237
7.1 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	238

7.2 - IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS.....	241
7.3 - AS LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	243
7.4 - SUGESTÕES PARA OUTRAS INVESTIGAÇÕES.....	244
 BIBLIOGRAFIA.....	 246
 ANEXOS E APÊNDICES.....	 Vol. II

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – <i>Designações atribuídas aos modelos de aprendizagem conceptual.....</i>	57
QUADRO 2 – <i>Diferentes designações utilizadas nos estudos sobre representações dos alunos em ciência.....</i>	74
QUADRO 3 – <i>Conceitos das Ciência da Terra que têm sido objecto de estudo na linha de investigação sobre concepções alternativas.....</i>	78
QUADRO 4 – <i>Velocidade das ondas elásticas em diversos meios (em m/s)</i>	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de educação no qual o professor serve como fonte principal de informação (I) ou como mediador, dando assistência ao aluno na selecção e uso de recursos de aprendizagem, oferecendo também interacção humana (extraído e adaptado de Novak, 1981, p. 109).....	58
Figura 2 – Na antiguidade os japoneses afirmavam que os sismos eram originados pela súbita agitação de um <i>Namazu</i> , um gigantesco peixe-gato que se encontrava enterrado na lama por debaixo da Terra (Extraído e adaptado de Bolt, 1993, p. 1).....	87
Figura 3 – Para Aristóteles os sismos eram vibrações no interior do globo provocados por correntes de ar que penetravam por cavidades existentes à superfície. Esta explicação manteve-se até finais do século XVIII (extraído e adaptado de Bolt, 1993, p.4).....	88
Figura 4 – Diagrama representativo da teoria do ressalto elástico (extraído de Gouveia, 1996, p. 73).....	92
Figura 5 – Diagrama representativo do comportamento das partículas à passagem das diferentes ondas (extraído de Brandão, 1991, p. 53).....	95
Figura 6 – O “sismoscópio” de Chang Heng.....	97
Figura 7 – Registo do primeiro sismograma obtido em Potsdam, Alemanha, em 17 de Abril de 1889 (extraído de Gouveia, 1996, p. 82).....	98
Figura 8 – Esquema de funcionamento de sismógrafos verticais e horizontais (extraído de Dercourt e Paquet, 1986, p. 105).....	99
Figura 9 – Sismograma representando as diferentes fases do sismo (extraído de Dercourt e Paquet, 1986, p. 107).....	100
Figura 10 – Escala de intensidade sísmica (extraído e adaptado de Willie, 1979, p. 57).....	103
Figura 11 – Charles Richter (1900-1985) (extraído de Bolt, 1993, p. 80).....	104
Figura 12 – Método gráfico de Richter para determinação da magnitude(extraído de Brandão, 1991, p. 53).....	105
Figura 13 – Tipos de sismos e mecanismos de geração (extraído de Oliveira et al., 1996, p. 61).....	107

Figura 14 – Distribuição global da sismicidade. Epicentros de sismos com magnitude 4,5 ou superior (extraído e adaptado de Bolt, 1978, p.6).....	108
Figura 15 – Distribuição de todos os epicentros entre 1961 e 1967 (em cima) e focos profundos e intermédios no mesmo período (em baixo) registados pelo U.S. Coast and Geodetic Survey (extraído e adaptado de Willie, 1976, pp. 66-67).....	109
Figura 16 – Mapa de sismos ocorridos entre 1900 e 1990 em Portugal (esquerda) e carta sismológica de Portugal continental (direita) (extraído de Roque e Castro, 1996, p. 77).....	110
Figura 17 – Enquadramento geotectónico dos Açores (extraído de Brandão, 1991, p. 53).....	111
Figura 18 – As etapas do Estudo.....	144
Figura 19 – Resultados da aplicação dos questionários Questões relativas ao conceito de sismo (gráfico 6.1) e causas dos sismos (gráfico 6.2).....	229
Figura 20 – Resultados da aplicação dos questionários. Questões relativas às fontes de informação de sismos (gráfico 6.3) e factores que interferem na intensidade sísmica (gráfico 6.4).....	231
Figura 21 – Resultados da aplicação dos questionários. Questões relativas à propagação da energia sísmica (gráfico 6.5) e conceito de magnitude (gráfico 6.6).....	233
Figura 22 – Resultados da aplicação dos questionários. Questões relativas às zonas de maior incidência sísmica (gráfico 6.7) e importância do estudo da sismologia (gráfico 6.8).....	235

INTRODUÇÃO

A investigação em Didáctica tem vindo a demonstrar que a Educação em Ciências, apesar de todos os esforços desenvolvidos, tem continuado a centrar-se nos factos científicos e não no desenvolvimento de atitudes que contribuam para o conhecimento dos processos de produção científica (Trindade, 1991, 1996). Continua a veicular-se uma imagem deformada de Ciência através de uma abordagem linear e cumulativa do conhecimento científico. Tal postura não revela o importante papel do pensamento crítico tão necessário a uma atitude científica, nem a Ciência é vista como um domínio do conhecimento humano em constante evolução.

A escola continua a veicular os conteúdos programáticos baseados em conhecimentos factuais, transmitidos pelos professores que ignoram quase sempre os saberes que os alunos transportam para a escola.

A enorme quantidade de informação fornecida pelo professor obriga à simples memorização de alguns conteúdos desarticulados com o conhecimento anterior do aluno. Entendemos que a actuação didáctica não pode ser entendida apenas numa perspectiva instrumental em que, como no princípio do século, surgia como uma pedagogia prática que estudava os métodos e as técnicas de ensino de forma a auxiliar os professores a ensinar um assunto particular. Consideramos, como Oliveira (1991), que a Didáctica actualmente deve ter em conta, por um lado, a relação entre os conteúdos específicos a aprender numa determinada área do saber e, por outro, a estrutura cognitiva do aluno.

A Didáctica das Ciências deve, pois, considerar que a prática pedagógica não pode limitar-se a modelos e técnicas de transmissão de conhecimentos, sem ter em

conta a natureza do conhecimento a transmitir, os recursos e estratégias adequadas à sua aprendizagem bem como o conhecimento prévio dos alunos.

Para que possa cumprir a sua função, tendo em conta as exigências actuais relativamente ao conhecimento científico, consideramos ainda que é necessário que o conhecimento dos conteúdos particulares de cada disciplina por parte do professor seja tão importante como o conhecimento da forma como esse conhecimento é apresentado. Lourenço (1991) considera que é fundamentalmente a partir dos finais dos anos 70 que se perfila esta concepção de Didáctica das Ciências, “simultaneamente comprometida com a disciplina científica e os modos de a transmitir” (p. 334).

Para além dessas vertentes, o professor deve ainda possuir, segundo Oliveira (1991), conhecimentos de “epistemologia, ciência cognitiva, psicologia do desenvolvimento” (26), ou ainda, como sugerem Losada et al. (1993), uma preparação na vertente de investigação didáctica que contribua para que assuma um papel inovador e crítico no sentido de promover as necessárias modificações e adequações curriculares durante a sua prática quotidiana. Consideramos assim, como Trindade (1994), que a formação de professores “deve ser encarada como um conjunto de acções e meios utilizados para promover o desenvolvimento pessoal e profissional no que respeita às estruturas cognitivas, sócio-afectivas, comunicacionais (...) e axiológicas” (p. 11).

Um pressuposto base configura o trabalho que se apresenta: a convicção de que a construção das aprendizagens terá de começar pelo diagnóstico daquilo que o aluno pensa ou que já sabe acerca do novo assunto que lhe irá ser apresentado. Efectivamente, acreditamos que o aluno possui sempre alguns conhecimentos sobre

aquilo que irá ser abordado na sala de aula , que podem surgir contraditórios ou mesmo “ideias prévias total ou parcialmente erradas” (Miras, 1994, p. 56).

Consideramos, pois, que é necessário que os professores tenham consciência dos conhecimentos que os alunos transportam para a escola. O conhecimento prévio assume uma importância crucial numa aprendizagem construtivista.

Defendemos contudo , a exemplo de Pope e Gilbert (1988), que tradicionalmente o professor não faz uso das experiências pessoais, nem do raciocínio espontâneo dos seus alunos e, por isso, em nosso entender, é necessário, que os professores estejam atentos às representações dos seus alunos.

Apesar de existirem já alguns estudos no sentido de averiguar até que ponto os futuros professores recebem formação relativa à problemática das concepções alternativas dos alunos (Cachapuz et al., 1991), consideramos que muito mais há ainda que fazer nesse sentido. Admitindo que a formação inicial contempla nos futuros professores de ciências essa vertente, ao nível da formação contínua de professores ela é praticamente inexistente. Por outro lado, a investigação sobre concepções dos alunos não tem feito chegar aos professores os resultados que obteve , o que se tem traduzido numa visão superficial do tratamento desta problemática.

O grande desenvolvimento, nos anos oitenta, de vários modelos de ensino-aprendizagem das ciências como a *mudança conceptual* decorreu dos resultados fornecidos pelos estudos das “preconcepções” (Gil, 1994, p. 156). Este amplo movimento pedagógico regista um maior número de investigações em áreas como a Física e a Biologia (Hewson, 1993) tendo-se mais tarde expandido às Ciências da Terra.

O eixo central da nossa investigação decorre da ideia partilhada com Santos (1992), de que:

“A falta de resultados de investigação relativos a estratégias metodológicas faz correr o risco de que o impressionante catálogo de concepções alternativas já obtido, permaneça estéril do ponto de vista didáctico. A preocupação descritivas (que concepções alternativas possuem os alunos? como se caracterizam essas concepções?...) há que articular preocupações prescritivas (como podem os professores mobilizar essas concepções? como podem ajudar os alunos a mudar as suas concepções alternativas para conceitos científicos?...)”. (p. 50)

Este trabalho procura integrar-se na linha de investigação sobre *concepções alternativas*, mas pretende ir além da simples pesquisa dessas concepções. Preocupa-se com a fase subsequente que é a preparação e aplicação de estratégias promotoras de mudança conceptual. Por isso, propomo-nos partir da identificação das ideias dos alunos para, em seguida, planificar, aplicar e avaliar a utilização de estratégias de raiz construtivista que, em contexto real da sala de aula, facilitem a mudança conceptual dos alunos.

O principal objectivo deste trabalho é, assim, o estudo e a avaliação da influência que a aplicação de estratégias de raiz construtivista tem no contexto real da sala de aula.

O trabalho encontra-se dividido em duas partes.

A *primeira*, destinada fundamentalmente a aspectos teóricos e à revisão de literatura, é constituída por quatro capítulos.

No *primeiro* é feita uma breve abordagem às mais recentes tendências na Educação em Ciências, procurando abordar essa evolução numa perspectiva epistemológica, psicológica e pedagógica, destacando-se o paradigma da aprendizagem por transmissão, a influência do empirismo na Educação em Ciência, o racionalismo e a

nova perspectiva construtivista. Este capítulo termina com uma breve abordagem ao modelo de mudança conceptual na Educação em Ciência.

No *segundo capítulo*, são feitas algumas referências relativamente às representações dos alunos em ciência, sendo apontadas algumas investigações sobre o caso concreto das Geociências e, em particular, em sismologia, pois trata-se do conteúdo científico eleito para o estudo.

No *terceiro capítulo*, é feita uma abordagem curricular ao tópico *sismologia* que, por um lado, procura validar a componente científica do estudo, em articulação com os instrumentos de investigação e, por outro, referir-se aos conteúdos em estudo.

O *quarto capítulo* refere-se ao ensino das ciências numa perspectiva construtivista e nele se indicam algumas estratégias e modelos de ensino/aprendizagem que serviram de base para a investigação.

A *segunda parte* refere-se à investigação efectuada e é composta por três capítulos.

O *primeiro* reporta-se a aspectos genéricos do desenho da investigação empírica: opções metodológicas, contexto de investigação, problema, hipóteses e amostras. Neste capítulo indicam-se ainda as etapas pelas quais se desenvolveu o trabalho bem como os materiais utilizados na pesquisa.

A descrição da investigação encontra-se nos *capítulos quinto e sexto* que, em traços gerais, se traduzem na pesquisa de resultados da aplicação de estratégias de raiz construtivista. Em termos metodológicos, é adoptada uma metodologia essencialmente qualitativa e descritiva, contempla-se uma parte de pesquisa das ideias alternativas dos alunos num estudo eminentemente ideográfico (Erickson, 1979). Para além destas etapas mais importantes, a pesquisa realizada conta ainda com outras, nomeadamente,

com um estudo piloto de aplicação do questionário para identificar as ideias prévias dos alunos, o treino e aplicação de mapas de conceitos, a planificação de toda a intervenção na sala de aula e a elaboração de materiais curriculares. O trabalho de campo termina com a avaliação da mudança conceptual dos alunos.

Concluimos com o *sétimo capítulo* que se destina, como não podia deixar de ser, às principais conclusões do estudo. Nele se indicam, para além das referidas conclusões, novas sugestões para outras investigações, limitações encontradas e comentários finais.

PARTE I

FUNDAMENTO TEÓRICO

“.... por vezes a formulação de uma teoria pode indicar a falta de determinadas ideias ou ligações e a necessidade de outro tipo de dados adicionais, assim a teoria é um instrumento essencial de pesquisa, um estímulo para o avanço progressivo do conhecimento”.

Bell (1997)

Capítulo I

PERSPECTIVAS ACTUAIS DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Ao longo deste capítulo, é feita uma breve abordagem às perspectivas contemporâneas de Educação em Ciências que foram sendo desenvolvidas no decurso das rápidas modificações sociais, científicas e tecnológicas ocorridas após o final da Segunda Guerra Mundial.

Será feita uma referência aos acontecimentos mais marcantes no campo científico e tecnológico e ao reflexo que estes tiveram nas políticas educativas em particular nos Estados Unidos e Europa.

A Educação em Ciências nos anos 40-80

Considerando a lógica da organização dos programas curriculares de Ciências, pode considerar-se que, nas décadas de 40 e 50, se encontravam organizados de acordo com a estrutura da disciplina, isto é, “virados para dentro da própria ciência, da sua lógica interna e dos seus métodos e processos.” (Miguéns *et al*, 1996 p. 23). Nos anos 50, particularmente, assiste-se a um ensino das ciências descontextualizado do mundo exterior, à margem dos processos de produção de conhecimento científico. Esta década é largamente dominada pelo ensino dos factos, teorias, leis, princípios e processos científicos de forma isolada e descontextualizada em relação com o mundo exterior. A aprendizagem das ciências apresenta características meramente memorísticas.

Nos finais dos anos cinquenta, um acontecimento marcante irá revolucionar a perspectiva até aí dominante. O lançamento da cápsula espacial Sputnik, soviética, desencadeia entre os americanos um conjunto de iniciativas com vista a renovar a educação científica. Tal acontecimento traduzia-se num salto qualitativo do conhecimento científico soviético que os americanos desejavam alcançar. Na tentativa

de contrariar esta tendência, os Estados Unidos procuram reformular a sua política de Educação em Ciências que passa a revestir-se mais de um cariz mais político-económico e não tanto socio-cultural. Tratou-se de procurar formar uma elite científica e tecnológica capaz de desenvolver o potencial do país nestes domínios . Estava-se assim perante uma opção que visava essencialmente a produção de cientistas, e por isso passou-se “do ensino de factos e informações para o ensino de esquemas conceptuais com prioridade para o uso de processos e métodos científicos com vista à descoberta de conceitos” (ibid., p. 25).

Tal situação obriga a reformas curriculares de Ensino das Ciências que, nas décadas de 60 e 70 têm , como vimos, como principal objectivo a preparação científica dos jovens, de modo a suprir a falta de cientistas e técnicos especializados devidamente qualificados. O ensino das ciências então preconizado assenta na chamada aprendizagem pela descoberta e no “inquiry” (Jorge, 1991, p. 30) marcado pela concepção indutivista de ciência.

Contudo, alguns autores, como Santos (1991d), consideram que, para além do importante objectivo de formar cientistas e técnicos, estas reformas defendiam também a necessidade da educação científica dos cidadãos em geral e surgem então inúmeros projectos de pesquisa e investigação, muitos deles preocupados com a “literacia científica” (Sequeira, 1995, p.6).

Podem referir-se os casos dos projectos curriculares como o BSCS (Biological Sciences Curriculum study), PSSC (Physical Science Study Committee), Earth Science Curriculum Project ou Nuffield¹. Como princípio fundamental, procurava-se de forma indutiva a descoberta de conceitos através da experiência e da prática de inquérito.

¹Santos, (1991,d) assinala outros como: - nos EUA.: Chemical Education Material Study (CHEM; Physical Science Study Committee (PSSC); Science-A Process Approach (SAPA Education Project (ASEP) (p. 27)

As características mais significativas dos novos *currícula* de ciência traduzem-se então na deslocação de um corpo de conhecimentos para um conjunto de métodos que geram e validam tais conhecimentos sendo dada relevância ao trabalho de investigação desenvolvida pelo aluno segundo o estilo de trabalho do cientista.

Estes projectos acabam por implicar novas tendências metodológicas. Santos (1991d, p.28) identifica algumas delas:

- a nível de conteúdos, procurou-se que o conteúdo do ensino se centrasse em conceitos científicos primordiais, relegando para segundo plano factos e conceitos de importância secundária;

- a nível de processos, foi defendido que a educação científica se devia subordinar, sistematicamente, à familiarização com métodos da ciência. Passa a considerar-se “*o método científico*” como condição indispensável à apropriação do saber.

Enquadrada nesta perspectiva, é notória a eclosão de um modelo de aprendizagem que hoje se designa por Aprendizagem Por Descoberta (APD) a que mais adiante nos referimos em pormenor.

Como se disse, a necessidade de um maior número de cientistas e engenheiros levou a que nos anos sessenta tenham sido produzidos e melhorados os *currícula* destinados aos alunos mais dotados. Reconheceu-se, no entanto, que a vertente humanista e o desenvolvimento social e pessoal estavam contudo a ser secundarizados e, por isso, deveria considerar-se que “apesar do desenvolvimento científico e tecnológico necessitar de uma força de trabalho especializada, a aplicação local desse desenvolvimento não poderia ocorrer (...) na ausência de um público informado” (ibid. p. 24)

É então que, nos anos setenta, surgem algumas perspectivas de Educação em Ciências de cariz mais humanista na qual se deveria integrar uma componente que promovesse o desenvolvimento pessoal e social. Surgem assim, em meados dos anos setenta, alguns projectos de ciência integrada com referência aos problemas sociais e tecnológicos da época, tal como o urbanismo, as migrações populacionais, a poluição, o ambiente, entre outros.

Nesse período passa então a considerar-se uma pessoa *cientificamente letrada* aquela que é capaz de “usar conceitos, processos e valores científicos ao tomar decisões quotidianas enquanto interage com os outros e com o seu ambiente, para além de compreender a interacção ciência-tecnologia” (De Boer, 1991, citado em Miguéns *et al.* 1996).

Apesar de todos os esforços verifica-se, no início dos anos oitenta, que os resultados esperados com a implementação dos programas curriculares da década anterior não foram os desejados (Màs, 1996). Surgem então várias críticas à perspectiva empirista/indutivista do ensino centrado no processo que fomentou o mito do “método científico”, baseadas num conjunto de investigações que criticam a perspectiva APD, associada a métodos indutivistas. Contudo, as críticas à conhecida aprendizagem por objectivos-APO são as mais incisivas, divulgadas e generalizadas. Segundo Santos (1991d):

“critica-se-lhe: ser essencialmente uma técnica de pequeno alcance cujo propósito inicial é de uma eficácia a curto prazo; a sua exigência universal de tradução comportamental hierarquizada, progressiva e sequencial dos objectivos educacionais como se um objectivo geral resultasse sempre de uma sucessão óptima, ordenada e unívoca de objectivos parciais; a sua pretensão de ser universalmente aplicável a qualquer domínio disciplinar: o ter como propósito central os resultados e não os processos”(p.35)

Esta década de 80 começa e termina, no entender de Miguéns et al., (1996), de modo semelhante com a concentração de muitos esforços na implementação de currículos que privilegiassem as abordagens Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) e que assumissem uma visão mais ampla e humanista da Ciência. Procurava-se um currículo de ciência pessoal e socialmente mais relevante e apropriado para jovens que teriam maiores probabilidades de encarar o futuro como *consumidores de ciência* do que nas condições de *produtores de ciência*.

As propostas CTS procuram então tornar a Educação em Ciência mais relevante para as necessidades da sociedade, reconhecendo que o cidadão e a sociedade em geral deverão ser melhor informados sobre as conquistas científicas e a sua contribuição para o bem estar social, sendo necessário distinguir o “potencial positivo, associado a bons resultados, da sua reputação negativa” (Fensham, citado em Miguéns et al., 1996, p. 28).

A necessidade de formar especialistas *versus* cidadãos surgiu então como um dos dilemas de Educação Científica que, em nosso entender ainda se faz sentir, principalmente no Sistema Educativo Português, embora haja indicações claras no sentido de separar estas duas facetas do problema.

A Educação em Ciências em Portugal

A evolução na Educação em Ciências a que temos vindo a referir-nos ocorreu, em Portugal, com algumas décadas de atraso, principalmente nos anos de 40-70, devido à ideologia dominante num país essencialmente rural. O final deste período marca talvez um ponto de viragem nesta situação em que se verificou, nos finais dos anos 60, início da décadas de 70, o lançamento de turmas piloto de ciências que tem

como objectivo promover a alteração de conteúdos e práticas de ensino. Esta acção é seguida de cursos de actualização de professores organizados pela Fundação Calouste Gulbenkian que visavam particularmente o uso de novos métodos de ensino. (Domingos, 1994, citado em Miguéns et al., 1996, p. 26).

No início dos anos 80, surgem as traduções americanas de projectos como o BSCS ou o Nuffield que foram adoptados nas escolas portuguesas ao mesmo tempo que, o behaviorismo e a pedagogia por objectivos eram adoptados como pedagogia oficial.

Verificam-se então enormes contradições de base, já que, enquanto as ideias behavioristas davam ênfase aos produtos, ao “output” (Santos e Praia, 1992), estes projectos valorizavam fundamentalmente os aspectos experimentais e procedimentais. Isto é, se por um lado se associa o sucesso do aluno à capacidade de desenvolver determinados *skills*, definidos objectivamente, por outro, pretende-se dar “liberdade” para descobrir o conhecimento com valorização da actividade experimental autónoma.

Os finais dos anos oitenta são ainda marcados, em termos de currículo de ciências, pela Reforma Curricular que procura o desenvolvimento de objectivos transversais ao nível da educação básica de todos os alunos, o desenvolvimento pessoal, incluindo a dimensão social e individual, a aquisição de conhecimentos básicos sobre a natureza, a sociedade e a cultura, bem como o desenvolvimento de atitudes e valores que contribuam para a formação de cidadãos conscientes e participativos numa sociedade democrática – “a dimensão para a cidadania” (Fraústo da Silva, 1987, citado em Miguéns et al. 1996, p. 31).

Têndências actuais na Educação em Ciências: anos 90

As críticas apontadas nos anos 80 trazem novas perspectivas à Educação em Ciências na década de 90, fruto principalmente das investigações entretanto efectuadas.

Abrem-se novas perspectivas para o desenvolvimento de intervenções inovadoras a nível da formação de professores, do desenvolvimento curricular e das práticas nas escolas. Estas inovações e mudanças têm em comum quadros teóricos que valorizam um “sujeito interpretativo” (Santos, 1991d, p.35) que decifra o saber com as suas ideias, crenças e sistemas de valores, ao contrário de um “sujeito informativo”, receptor de saberes constituídos.

Perspectiva-se uma viragem de posições psicológicas behavioristas para abordagens psicológicas cognitivistas e de perspectivas epistemológicas empiristas para perspectivas epistemológicas racionalistas.

Orienta-se a Educação em Ciências segundo novos princípios que valorizam o contexto, o conteúdo e o processo de produção de conhecimento científico, segundo :

- a) uma perspectiva construtivista para campos conceptuais específicos como condição de aprendizagem conceptual;
- b) uma indissociação conteúdo/forma, como condição da formação de conceitos;
- c) uma filosofia da ciência como condição de Educação em Ciências;
- d) uma perspectiva epistemológica racionalista como condição de compreensão da ciência contemporânea e do seu ensino;
- e) uma perspectiva interdisciplinar como condição de mudança conceptual.

Esta nova perspectiva de Educação em Ciências irá obviamente ter reflexos na formulação dos seus principais objectivos. Vertentes tão importantes como a dimensão pessoal e social traduzida na procura de desenvolvimento de atitudes mais próximas do

entendimento dos processos de produção de conhecimento científico devem ser desenvolvidas.

Assinala-se assim um conjunto de objectivos que a Educação em Ciências deverá atingir, nomeadamente:

- usar o saber científico, particularmente alguns conceitos básicos que funcionam como ângulos de abordagem da realidade e como instrumentos para a resolução de problemas de teor não meramente académico;
- desenvolver atitudes tais como, curiosidade, criatividade, flexibilidade, abertura de espírito, reflexão crítica, autonomia, respeito pela vida e pela natureza;
- desenvolver capacidades como testar ideias, formular hipóteses, problematizar, observar, planear e realizar experiências, controlar variáveis, interpretar informação;
- conceber a ciência como uma actividade humana, contextualizada, desenvolvendo para com ela atitudes positivas, facilitadoras, quer de inserção na sociedade, quer no prosseguimento de carreiras profissionais nestes domínios;
- desenvolver valores em função de considerações éticas acerca dos problemas e finalidades da actividade científica habilitando-se a participar de um modo esclarecido, na tomada de decisões.

Deste conjunto de objectivos, consideramos que um dos mais importantes é permitir ao aluno a utilização do saber científico, em particular de alguns conceitos básicos que se constituam como instrumentos para resolver problemas não meramente académicos.

Outro aspecto que consideramos fundamental prende-se com a verdadeira natureza da ciência traduzida no polémico debate entre as concepções empiristas e

racionalistas. Este aspecto parece-nos de importância crucial entre os professores de ciências, pois a sua posição epistemológica face às ciências (Praia e Cachapuz, 1997) irá marcar a sua acção pedagógica num tempo em que se preconiza uma abordagem construtivista na Educação em Ciência em que se vê o aluno como um ser activo construtor de significados, isto é, construtor do seu próprio conhecimento.

Depois desta abordagem geral, que procurou assinalar algumas tendências e objectivos na Educação em Ciência, far-se-á agora uma breve apreciação dos modelos epistemológicos e psicológicos de base dos diversos modelos didácticos que têm sido aplicados na Educação em Ciências.

1.1 - A APRENDIZAGEM POR TRANSMISSÃO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

A aprendizagem por transmissão, adiante designada por APT, foi, até meados da década de 50, *o paradigma* dominante no ensino em geral e também na Educação em Ciências em particular. Este modelo assenta, basicamente, no pressuposto de que a aprendizagem dos alunos decorre de uma simples aquisição de conteúdos considerados como verdades absolutas e definitivas. O professor é quem detém o saber e o transmite aos seus alunos, e estes usam a sua actividade mental apenas para acumular, armazenar ou reproduzir informações.

O Professor dá a sua lição e imprime-a em “arquivadores de conhecimento” (Santos e Praia, 1992, p. 13) e pede em troca que os alunos, através da sua actividade mental, acumulem, armazenem e reproduzam informações.

Esta imagem de armazenamento de informação é também referida por autores como Popper e Lorenz (1990) que, ao compararem a “teoria da ciência” e a “teoria

comum”, designam esta última por “teoria cuba do espírito humano” (p. 49), afirmando a propósito:

“A nossa cabeça é uma cuba. Tem orifícios, e através desses orifícios a informação sobre o mundo flui para dentro dela. Esta é igualmente a teoria básica da pedagogia. A teoria do funil é pois a teoria do processo de aprendizagem. (...) O facto é que a nossa pedagogia consiste em sobrecarregar as crianças com respostas sem que elas tenham colocado questões e às perguntas que fazem não se presta atenção” (p. 49)

Ainda a propósito da teoria da cuba, Popper (1982) considera-a “completamente errada” mas a sua admissão “inconsciente” valoriza as posições behavioristas e a teoria do reflexo condicionado conferindo-lhe a “mais alta reputação” (p. 67).

A APT radica no pressuposto de que os conhecimentos existem fora de nós e que um bom ensino será aquele que melhor contribua para que o aluno possa reproduzir o mais fielmente possível aquilo que lhe é transmitido.

Como nos referem Santos e Praia (1992), há uma grande preocupação em “conseguir que o produto obtido (output) se situe tão próximo quanto possível do produto que entra (input)” (p.13)

De um modo geral, a pedagogia transmissiva é habitualmente considerada uma pedagogia repetitiva, assente numa base memorística, com um ritmo uniforme de actuação. Em termos motivacionais é uma pedagogia extrínseca em que se procura *evitar o erro* sendo este o aspecto que decide o rendimento da aprendizagem que se baseia na reprodução de conhecimentos armazenados na memória.

Este movimento pedagógico irá, contudo, ser abandonado. Como anteriormente referimos, em meados dos anos 50, a ameaça soviética de um desenvolvimento científico e tecnológico superior aos Estados Unidos obriga ao desenvolvimento de um conjunto de reformas de currículos e de programas de ensino de ciências que não se

limitem à reprodução de conhecimentos memorizados mas, fundamentalmente, à produção de conhecimento científico. Perspectiva-se uma nova abordagem no ensino das ciências em que se preconizam métodos activos que visem proporcionar uma participação dinâmica na aquisição do conhecimento pela utilização de trabalhos experimentais com recurso a estratégias investigativas.

Surge então uma nova perspectiva, desenvolvida por grupos de trabalho que incluíam cientistas, psicólogos e professores, entre outros, com o objectivo de desenvolver os *curricula* de ciência adequados a promover o progresso científico e tecnológico. Desenvolve-se então a perspectiva empirista na Educação em Ciências.

1.2 - O EMPIRISMO E A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

1.2.1 - A INFLUÊNCIA DE EMPIRISMO NA CRISE DA APRENDIZAGEM POR TRANSMISSÃO

A perspectiva empirista na Educação em Ciências que emerge após o final da Segunda Guerra Mundial, com maior ênfase nos Estados Unidos e Países mais industrializados da Europa, contribuiu decisivamente para o declínio do paradigma de APT na medida em que, ao contrário da anterior, defende a participação activa do aluno no acto de construção do seu conhecimento.

Na Didáctica das Ciências surgem então modelos pedagógicos intuitivos que valorizam a percepção sensorial dos alunos em alternativa à “expressão oral dos professores” (Santos e Praia, 1992, p14). A pedagogia empirista e o behaviorismo vão ganhando terreno como alternativas a uma pedagogia transmissiva e é por isso que se vai assistindo à emergência deste novo paradigma empirista.

1.2.2- PERSPECTIVAS DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DE BASE EPISTEMOLÓGICA EMPIRISTA

De modo genérico, pode afirmar-se que o empirismo surge ligado à revolução científica dos séculos XVI e XVII. Esta revolução científica é marcada, essencialmente por uma concepção indutivista de ciência. Nesse âmbito, Bacon (séc. XVIII) surge-nos como o principal fundador da matriz empirista em ciência a quem se atribui o princípio da indução: “é lícito generalizar, a partir de uma lista finita de enunciados observacionais singulares, uma lei Universal” (Chalmers, 1987, p.14)

Recordemos que o principal objectivo do empirismo é promover o conhecimento científico pela via indutiva, identificando-o com aquele que, por um lado, resulta de uma permanente valorização da experiência e, por outro, se articula com o domínio da natureza pelo Homem.

Com esta nova perspectiva indutivista, assiste-se à valorização da experiência como principal fonte de conhecimento científico. Nesse sentido, Carrilho (1994), referindo-se ainda a Bacon, diz-nos: “A experiência e a técnica são respectivamente a base e o objectivo do conhecimento (...); e nesta perspectiva o conhecimento ou é científico ou, em rigor, não é conhecimento” (p. 13).

A matriz empirista defende uma observação vinculada à experiência que assume assim o papel central da actividade científica. A articulação adequada entre a “observação e o raciocínio” é o meio para conhecer as leis dos fenómenos (Marques 1996, p. 4). Esta observação que se supõe ser “objectiva e não manipulada pelas ideias ou qualquer outra características da pessoa que observa” (Aleixandre, 1995, p.269), constitui a base do correcto procedimento científico. Valoriza-se a objectividade como a

característica mais fundamental do empirismo. Referindo-se ainda à objectividade como uma das características mais marcantes do empirismo, Praia (1995), considera que o conhecimento científico é objectivo “não propriamente no sentido do realismo” mas na convicção de que “o observador durante a observação não altera o objecto que de resto lhe é alheio” (p. 54).

O Empirismo considera ainda que a aquisição do conhecimento científico se faz através de um conjunto sequenciado de passos que, cumpridos rigorosamente, podem garantir o sucesso e a correcta apreensão desse conhecimento: “O método científico”.

Santos e Praia (1992) consideram, este propósito, que o “método científico” assegura a correcta construção do conhecimento no qual a teoria científica apresenta uma base “empírica” neutra e objectiva e em que apenas os “dados-factos” lhe conferem significado (p. 15) A formulação de leis e teorias científicas é garantida a partir de uma observação objectiva e de uma experimentação rigorosa.

A Filosofia da Ciência apresenta então, nesta perspectiva, uma imagem exacta da realidade, sustentada numa ontologia realista e numa epistemologia objectivista. Isto é, a correcta e objectiva percepção dos “dados-factos” confere à ciência um procedimento de rigor em que o conhecimento daí decorrente se apresenta como inquestionavelmente válido. O progresso científico decorre por um processo cumulativo de factos articulados que permitem generalizações para a explicação dos fenómenos da natureza. A ciência constitui-se, assim, como um corpo fechado de conhecimentos não sujeito a modificação. A validação científica é baseada em critérios de autoridade. A veracidade de um modelo ou teoria depende da “autoridade” que o sustentava como por exemplo Galeno, Aristóteles ou Ptolomeu. (Aleixandre 1995, p.268).

Em termos pedagógicos, ao contrário da perspectiva anterior em que uma das principais críticas apontadas à aprendizagem por transmissão é a de “fomentar uma juventude acrítica que aceita passivamente as ideias que lhe são impostas” (Santos e Praia, 1992, p. 14), na perspectiva empirista valoriza-se o aluno enquanto sujeito activo, na aquisição do seu conhecimento.

Desenvolvem-se assim programas curriculares de base empirista/indutivista que estão na base dos modelos pedagógicos dos anos 60 e 70 e dos quais se destaca a Aprendizagem por Descoberta na qual o próprio aluno procura a informação, investigando e seleccionando o que necessita para aprender. O aluno é colocado na posição de cientista e “aprende ciência”, “fazendo ciência” (Trindade, 1991, p. 49).

Nos anos 60/70, enquadrados numa perspectiva empirista, desenvolvem-se também projectos e currículos de ciência nos quais a objectividade e o rigor metodológicos se constituem como princípios norteadores de dois movimentos pedagógicos a que nos referiremos nos próximos parágrafos: *A Pedagogia por Objectivos* e a *Aprendizagem por Descoberta*.

1.2.2.1 - Pedagogia por Objectivo (PPO)

Este modelo pedagógico decorre da perspectiva de ensino programado e está fortemente enraizado na psicologia comportamentalista em que a competência do aluno advém deste ser capaz, ou não, de exhibir comportamentos quer ao nível cognitivo quer afectivo e psicomotor. Assiste-se assim à deslocação do “fulcro da aprendizagem do professor para o aluno e dos conteúdos para os comportamentos observáveis e medíveis” (Santos e Praia, 1992, p.16).

Preconiza-se a necessidade de promover mudanças comportamentais nos alunos de acordo com determinados padrões de referência que impliquem a aquisição de novos comportamentos modificando os existentes.

Enfatiza-se aquilo que o aluno é capaz de fazer, sendo necessário especificar o mais possível as tarefas de aprendizagem (Novak , 1991).

Relativamente às estratégias de ensino, Marques e Praia (1991) referem que toda a estratégia de ensino se desenvolve “com base em critérios que determinam os comportamentos iniciais e aqueles que devem ser subsequentemente exibidos até que seja alcançado o objectivo previamente determinado” (p. 13-14).

Este tipo de ensino preocupa-se portanto em confirmar as mudanças de comportamento nos alunos em face de determinados padrões previamente determinados.

O professor deve preocupar-se em estruturar e organizar os conteúdos no sentido de obter uma dada resposta em face de um determinado estímulo, ele é essencialmente “um arquitecto e construtor de comportamentos” (Santos e Praia, 1992, p.16).

Esta perspectiva de ensino encontra-se claramente voltada para os produtos, referentes ao aluno, e não para os processos de aquisição do conhecimento.

A ênfase didáctica é colocada na necessidade de definir o mais rigorosamente possível os comportamentos *à priori* e o grau de consecução desses comportamentos. Entende-se assim que uma definição clara e rigorosa dos objectivos é o garante do sucesso de aprendizagem dos alunos, mesmo que a planificação seja elaborada sem ter em atenção as relações hierárquicas entre os conceitos (Novak, 1981).

A população visada é tida como homogénea. Importa fundamentalmente conduzi-la a experiências formativas de aprendizagem, evitando o erro. Não deve ser

dada a “oportunidade de os alunos cometerem o pecado de errar” (Santos e Praia, 1992, p. 17)

Em nossa opinião, embora as novas tendências apontem para uma abordagem construtivista na Educação em Ciências, que deve ter em conta as aprendizagens prévias dos alunos, ainda hoje os programas das disciplinas de ciências continuam a definir os objectivos adoptando uma definição operacional dos mesmos com a mesma orientação desta corrente pedagógica. Parece verificar-se uma contradição com os princípios gerais dos mesmos programas, estes de orientação construtivista.

Alguns manuais utilizados como guias na formação de professores veiculam a aprendizagem por objectivos deixando bem vincada a noção de que uma clara e correcta formulação de objectivos conduz ao sucesso do trabalho do professor e do aluno. A adopção destes manuais transporta para a actualidade uma visão empirista e indutivista de ciência num tempo em que se procura implementar uma epistemologia construtivista na Educação em Ciência.

A título ilustrativo podem encontrar-se em Domingos e Neves (1978) expressões claras daquilo que vimos afirmando:

“A importância do estabelecimento de objectivos educacionais é fornecer ao aluno e ao professor um plano efectivo de ensino, em que o progresso do aluno é evidenciado por transformações nas suas atitudes e comportamentos” (p. 53).

Outros manuais amplamente divulgados, relativos a estratégias de ensino aprendizagem, também eles hoje utilizados na formação de professores, continuam a valorizar o carácter behaviorista do Ensino das Ciências (Bordenave e Pereira, 1991).

Reflectindo um pouco acerca do que acabamos de referir, verificamos a adopção de perspectivas didácticas distintas daquilo que os actuais programas das disciplinas de ciências preconizam.



Defendemos que as instituições de Ensino Superior e os competentes serviços do Ministério da Educação têm uma palavra a dizer e deveriam proceder a acções de formação dos professores de ciências no domínio das novas orientações didácticas na Educação em Ciência.

Pensamos que a Reforma Curricular se traduziu apenas em remodelações nos conteúdos científicos das disciplinas de ciências e não na efectiva adopção de novas práticas no domínio das metodologias e das estratégias didácticas. É, também, por essa razão que sentimos necessidade de desenvolver este trabalho.

1.2.2.2 - Aprendizagem por Descoberta (APD)

Dos modelos da didáctica empirista/intuitiva, radicados numa posição positivista de ciência, o que mais se empenhou num “*construtivismo aparente*” (Santos, 1991d) foi o modelo de Aprendizagem Por Descoberta (adiante designado por APD). É este modelo que acaba por implantar-se como alternativa à escola transmissiva. Assiste-se à “colagem das ideias de raiz construtivistas” a ideias de cariz empirista, “colagem” essa que é tentada pela pedagogias ditas activas não sendo contudo conciliáveis com a perspectiva piagetiana e daí a designação de “construtivismo aparente”. Surge assim num período em que o empirismo e o behaviorismo vão perdendo força face a um construtivismo emergente.

Esta perspectiva vai fundar as suas posições na teoria piagetiana² que, embora estando mais conotada com o construtivismo, vai servir de base a esta corrente pedagógica que a reinterpreta e adapta aos princípios de uma epistemologia empirista.

² Saliente-se que Piaget, ao contrário desta perspectiva, defende a construção do conhecimento a partir de estruturas já organizadas, em que um novo saber se constrói por desequilíbrio a partir de um outro já existente.

Na APD parte-se da convicção que os alunos aprendem, por conta própria, qualquer conteúdo científico. A observação e a experimentação, de índole sensorial, conduzem à descoberta de novos factos e de ideias mais elaboradas a partir de ideias mais simples.

Como se referiu, esta nova perspectiva de Educação em Ciências assume um carácter indutivista tal como nos processos de produção de conhecimento científico. Em termos pedagógicos, a aprendizagem por descoberta procura desenvolver nos alunos uma ideia de ciência infalível que utiliza um método sequencial e linear, o “método científico”.

Autores como Gene e Gil (1982) referem que a APD acaba por transmitir uma ideia de investigação muito positivista em que os alunos podem chegar à solução autónoma de problemas recorrendo a um raciocínio indutivo a partir de dados empíricos.

Este movimento é hoje duramente criticado por autores como Ausubel *et al.* (1991). Critica-se fundamentalmente a ênfase que a APD põe na aprendizagem intuitiva, a pretensão de que o aluno descobre sistematicamente, por sua conta, ideias a partir de factos e que todos os conteúdos resultam em produtos incidentais de um processo intuitivo a partir do “zero”.

A pretensão de que os alunos podem descobrir todos os conceitos por conta própria tende a deslocar a descoberta de ideias para a descoberta de factos. Em termos de actuação do professor vai contribuir para que este proceda a uma sequenciação linear das suas estratégias em que “consagra um método universal para construir qualquer conceito: “o método científico” que promove a ilusão da “descoberta” (Santos, 1991d, p. 24).

Este movimento teve, contudo, também aspectos positivos. Gil (1993) assinala que o modelo de aprendizagem por recepção significativa de Ausubel vai assumir-se como uma reacção à APD e, como tal, este movimento contribuiu para a tomada de consciência da necessidade de uma “aprendizagem/familiarização das ciências” (p. 199) com as características do trabalho científico que, em alguns aspectos, pressupõe uma aproximação mais correcta à natureza da ciência.

A renovação no ensino das ciências nos anos 80 passa então por reinterpretar o que significou este movimento e por romper com a ideia vigente da aproximação do processo de ensino-aprendizagem das ciências ao processo de produção científica. Este movimento considerava que, se os procedimentos didácticos se aproximassem dos procedimentos científicos os alunos tomariam conhecimento do verdadeiro processo de produção científica. (Gil, 1993)

1.3 - O RACIONALISMO E O CONSTRUTIVISMO COMO ALTERNATIVA AO INDUTIVISMO

1.3.1 - O “CONSTRUTIVISMO APARENTE” DOS ANOS 60/70 E A CRÍTICA RACIONALISTA

O behaviorismo e o empirismo vão perdendo força e hegemonia e vão surgindo tendências neo-behavioristas e neo-empiristas. A didáctica conserva os seus modelos intuitivos, mas tenta dar de si uma imagem de renovação, como foi o caso da pedagogia por objectivos que não se assume como uma forma de behaviorismo (Santos e Praia 1992), pretendendo-se neutra e transparente.

Surge na didáctica das ciências uma tentativa de conciliar modelos intuitivos com outras perspectivas epistemológica e psicologicamente diferentes. São os modelos da chamada *pedagogia activa*.

Estes modelos, intuitivos, conferem prioridade à percepção e não à reflexão, à descoberta de factos em lugar das ideias. São modelos que se reclamam de construtivistas. Contudo, ao contrário da perspectiva piagetiana, estes modelos não consideram que a construção do conhecimento seja basicamente uma reconstrução a partir de estruturas já organizadas.

A epistemologia racionalista contemporânea radica numa posição oposta à posição empirista no que respeita ao entendimento da natureza do conhecimento e evolução científica. Esta nova perspectiva põe em causa toda a observação neutra e espontânea. A observação terá de ser precedida de um enquadramento teórico que oriente essa observação. Como nos afirma Santos (1991d):

“o racionalismo não considera que os “factos científicos” sejam “dados” no sentido empirista da palavra (...) pelo contrário eles são construídos, (...) resultam de um longo percurso através da teoria (...) ao invés de serem os factos que conferem significado às teorias são as teorias que conferem significado aos factos” (p.59) .

O conhecimento científico passa a radicar em modelos teóricos de aproximação à realidade e não nas evidências do senso comum. As percepções são modificadas pelo conhecimento conceptual e, como tal, não podem ser encaradas como dados a partir dos quais se construa conhecimento (Marques e Praia, 1991).

Tendo em conta esta nova perspectiva epistemológica, o racionalismo critica a APD que pode considerar-se um “*construtivismo aparente*” na medida em que pressupõe a actividade do aluno embora seguindo “o método científico” por um método indutivo da observação para a teoria.

É relativamente ao indutivismo preconizado pela APD que Gil (1993) nos refere:

“ O indutivismo extremo, a falta de atenção aos conteúdos , a insistência numa actividade completamente autónoma dos alunos, têm pouco a ver, de facto, com a visão actual do que constitui o trabalho científico e mostrou-se claramente o resultado negativo da sua aplicação tanto no que diz respeito à aquisição de conhecimentos como no que respeita à compreensão da natureza da ciência” (p. 198).

Como se pode compreender das palavras do autor, a perspectiva indutivista subjacente ao modelo APD distorceu a imagem dos processos de produção de conhecimento científico e da sua verdadeira natureza.

O modelo APD tinha a pretensão de considerar que a familiarização por parte do aluno com o trabalho científico o levava à compreensão correcta dos resultados alcançados. “ A corrente de aprendizagem por descoberta tentou desenvolver plenamente a ideias de que os estudantes deveriam familiarizar-se com as actividades do trabalho científico para poder compreender os conhecimentos alcançados” (ibid., p. 199)

Contudo o designado *construtivista aparente* teve o mérito de se constituir como uma tentativa sistemática de renovação curricular que rompia com uma estabilidade de muitas décadas e iniciava um processo de transformação em que nos encontramos hoje: a tentativa de “ aproximar a actividade dos alunos às características do trabalho científico e sobretudo gerar atitudes positivas face à ciência e sua aprendizagem” (ibidem).

1.3.2 - A INFLUÊNCIA DA “NOVA FILOSOFIA DA CIÊNCIA” NA EMERGÊNCIA DO PARADIGMA CONSTRUTIVISTA

Com o decorrer do tempo os filósofos da ciência e os cientistas foram considerando as limitações das posições indutivistas e passaram a valorizar o importante papel da imaginação na construção de teorias científicas.

Também no domínio da Didáctica a perspectiva construtivista ou hipotético-dedutiva, passa a considerar que as teorias científicas não surgem de um conjunto de dados mas são “construções da mente humana as quais se encontram ligadas ao mundo da experiência obtidas através de processos que são tratados e avaliados” (Driver, 1983, p. 4).

Para os hipotético-dedutivistas, faz-se Ciência não a partir de factos, mas de hipóteses. Experiências e observações não demonstram a veracidade de uma hipótese, podendo demonstrar-se a sua falsidade com base em observações que a infirmem e contrariem (Pedrosa et al., 1997 a, p. 933). O debate entre as posições indutivistas e hipotético-dedutivistas prevaleceu durante bastante tempo e é já no nosso século que, de alguma forma, se supera a dicotomia entre as correntes absolutistas, sejam racionalistas ou empiristas e surge uma posição construtivista para a qual o conhecimento é uma construção da inteligência humana que vai criando estruturas novas a partir de conhecimentos que se possuem³.

Para os construtivistas, ao contrário dos empiristas, não existem fontes únicas de conhecimento e as teorias precedem as observações. É nesta nova corrente de pensamento que se consideram autores como Popper, Lakatos, Toulmin Khun ou Feyerabend⁴. Estes filósofos da ciência focalizam a sua atenção na mudança conceptual ocorrida ao longo da história; advogam que é a teoria que confere sentido à experiência e não o contrário.

³ De modo análogo a teoria construtivista da aprendizagem considera que o aluno constrói de forma activa o seu próprio conhecimento, no contexto social em que se desenvolve e partindo do seu conhecimento anterior. As teorias que os alunos elaboram têm também para eles coerência e utilidade e correspondem a experiências intuitivas do seu dia a dia.

⁴ A época contemporânea é marcada por algumas teorias relativistas da filosofia da ciência que negam um conhecimento científico universal : anarquismo epistemológico (Feyerabend, 1991)

Santos e Cruz (1988), a propósito da “Nova Filosofia da Ciência”, referem: “as ideias que as pessoas possuem são de importância crítica para dar sentido às suas experiências, são elas que determinam o que é aprendido e como se aprende” (p. 560).

Embora com perspectivas diferentes em relação à Filosofia da Ciência, estes autores convergem num ponto: a crítica ao empirismo.

“A nova filosofia da ciência (...)critica o empirismo assinalando que a observação depende das teorias, o método científico como a caracterização da ciência pelo método em que quando para Khun são mais importantes os paradigmas ou modelos teóricos, para Lakatos os programas de investigação . Critica-se ainda a fiabilidade dos dados proporcionados pelos sentidos ou através de instrumentos assinalando que as observações de uma pessoa não são o reflexo da realidade ao estar condicionadas pela sua experiência anterior, os seus conhecimentos e expectativas.” (p. 269)

Esta nova posição epistemológica irá ter reflexos em termos educacionais, podendo estabelecer-se um paralelismo entre o que se passa com a “Nova Filosofia da Ciência” e as novas tendências construtivistas de aprendizagem em ciências por parte dos alunos. Assim, referimo-nos em primeiro lugar à perspectiva popperiana. Popper reconhece o carácter evolutivo do conhecimento científico (Novak, 1981, p. 25) e considera que a evolução nesse conhecimento se opera por falsificação. O autor refere que uma teoria científica é abandonada por falsificação⁵, quando ocorre uma “experiência crucial” (Fitas, s.d. , p. 72) que a contradiga. Isto é, “ só é científica a teoria que formula claramente as condições da sua própria refutação” (Praia , 1995, p. 59).

Se se procurar um paralelismo educativo (Jímenez e Gallardo, 1992) , com as teses popperianas, pode talvez afirmar-se que a mudança conceptual só se produz nos

estudantes quando se provoca uma contradição entre as suas teorias prévias e a experiência. O objectivo mais importante, considerando uma actuação didáctica, é, nesta perspectiva, provocar contradição e por isso actividades que promovam essa mesma contradição.

Outros autores como Lakatos, Khun ou Toulmin consideram, no entanto, que as teorias científicas, dada a sua complexidade, não podem abandonar-se por falsificação e desvalorizam as experiências cruciais. Assim, Lakatos (1983), defendendo os programas de investigação científica, considera que estes apresentam “núcleos centrais” resistentes à mudança e que, admitindo a falsificação, esta apenas poderia pôr de parte alguns princípios da teoria científica sem a alterar no essencial. O progresso científico produz-se pela comparação entre programas de investigação de tal forma que há que comparar as desvantagens do velho e as vantagens do novo. Em termos educacionais, admitindo a mudança conceptual, esta produz-se entre os alunos quando se verificasse insatisfação com as suas ideias dado que novas se apresentam simultaneamente mais inteligíveis e úteis.

Por seu turno, Toulmin considera que as teorias científicas evoluem por pressão selectiva das populações conceptuais. Na evolução de conceitos, como na evolução biológica Toulmin defende que acontecem mudanças nas “populações”. Conceitos novos aparecem e desaparecem mas influenciam o pensamento sobre uma dada disciplina somente quando as condições forem favoráveis, apenas quando os novos conceitos têm “vantagens” é que deslocam outros (Novak, 1981, p. 34). O paralelismo com a mudança conceptual a que nos temos vindo a referir, ocorre de modo gradual, de

⁵ Carrilho (1994) a propósito da tese central de Popper afirma “Uma teoria incapaz de formular de um modo claro as suas próprias condições de falsificação não é, nem pode pretender ser, uma teoria científica” (p. 35)

tal forma que se vão incorporando novas ideias, mas mantêm-se algumas das anteriores.

Jímenez e Gallardo (1992) em relação à posição kuhniana consideram que a mudança conceptual ocorre em determinados momentos de crise. Nesse sentido afirmam que mudança conceptual do indivíduo pode ser comparada à mudança conceptual numa comunidade científica de tal forma que o modelo khuniano de ciência normal e de ciência revolucionária pode, a seu ver, ser aplicado para explicar os processos de aprendizagem em Ciência.

Estas quatro perspectivas filosóficas - o Falsacionismo, os Programas de Investigação Científica, o Evolucionismo e o Revolucionismo- acabam por, apesar das suas diferenças, apresentar dois aspectos em comum: para além da crítica e oposição ao empirismo, defendem princípios construtivistas de aquisição do conhecimento. Isto é, todas elas consideram que “o conhecimento científico é construído pela inteligência humana num contexto geralmente social tendo em conta o conhecimento existente em que a teoria precede a observação” (Jiménez e Gallardo, 1992, p. 7). Do que dissemos pode afirmar-se que as diversas perspectivas racionalistas, embora possuindo um mesmo princípio construtivista de base, admitem “métodos científicos”⁶ distintos, isto é, consideram diversas perspectivas para a teorização do conhecimento científico.

⁶ Surgem, no entanto, outras posições mais radicais como a de Feyerabend (1991, 1993) que considera a inexistência de um método defendendo o anarquismo científico. Segundo Feyerabend (1991):

“a reconhecida falta de método prova que a ciência se assemelha muito mais ao saber não científico do que se costuma admitir, visto e confirmado que procede de modo caótico e casual como outras formas de conhecimento. A ciência, nos seus melhores aspectos, ou a ciência praticada pelos nossos melhores cientistas, é um ofício ou uma arte, não é uma ciência no sentido “racional” que obedeça a critérios imutáveis da razão e use conceitos bem definidos, estáveis, “objectivos” e portanto independentes da prática.” (p. 124).

Centremos agora a nossa atenção na influência que A “Nova Filosofia da Ciência” veio ter nos novos modelos pedagógicos de ensino das ciências de base construtivista, fundamentalmente a partir do início dos anos 80. De acordo com esta nova perspectiva assiste-se à valorização dos aspectos relacionados com a Epistemologia e a História das Ciências. Izquierdo (1996), Matthews (1994), Praia(1996) e Gil (1993), entre outros, consideram que é desejável passar a reflectir sobre a ciência segundo uma perspectiva Filosófica, Histórica e Didáctica, para compreender melhor a sua natureza. Esta reflexão é indispensável para ensinar ciências⁷, especialmente quando se conseguem combinar de maneira coerente as três perspectivas de análise. Efectivamente Praia (1995) considera que “ as concepções dos professores sobre o que é a ciência têm influência no que ele ensina, no próprio significado do conteúdo científico a aprender (...) torna-se igualmente importante no *como ensina* e no próprio sentido que dá ao desenvolvimento das actividades que suscita e leva à prática” (p.19).

Prosseguindo, refere, ainda a propósito da importância da Epistemologia e História das Ciências no ensino das mesmas, que:

“ Por um lado, a filosofia de ciência constitui uma base para a reflexão e análise, com vista a uma fundamentação das disciplinas científicas, por outro, que incentiva, ajuda e também obriga os professores a explicitarem os seus pontos de vista, nomeadamente a natureza da ciência, a construção do conhecimento científico, a validade dos resultados, o papel da comunidade científica, as suas relações com a sociedade, o papel da teoria e da observação, das hipóteses e das experiências científicas...” (ibid. p. 80).

⁷ Marques (1995) e Praia (1995 a, 1995 b), transmitem-nos uma abordagem kuhniana de ciência. Relativamente à teoria da tectónica de placas e da teoria da deriva continental respectivamente. Pedrinaci (1994, 1996 a), Eulate (1996), Figueirôa e Lopes (1996) entre outros destacam também importância da epistemologia e história da geologia para saber onde residem as dificuldades básicas dos alunos na compreensão de certas teorias e princípios e de algumas ideias prévias dos estudantes.

Marques (1996) considera, a propósito, que “ a informação estrita do conteúdo dos itens do programa não é suficiente. É desejável que os professores incluam na sua formação uma reflexão sobre a dimensão epistemológica e adquiram uma perspectiva mais ampla acerca da evolução histórica dos diversos conteúdos abordados” (p. 11).

Ora esta perspectiva implica que sejam desenvolvidos esforços ao nível da formação de professores. Hodson (1986) destaca essa necessidade, considerando por isso que a formação de professores deva desenvolver-se numa perspectiva em que lhes seja “ensinada filosofia e metodologia da ciência” (p.14). Tendo em conta as novas orientações curriculares, aponta-se no sentido dos alunos tomarem consciência da forma como o conhecimento científico é construído e assim poderem comparar a lógica das suas concepções com a lógica de perspectivas científicas idênticas num contexto sócio-cultural diferente.

Em resumo poderemos afirmar que a epistemologia contemporânea tem servido de base a um importante conjunto de propostas construtivistas para o ensino das ciências para o qual têm também contribuído os resultados de investigações neste domínio que se encontravam inicialmente isoladas umas das outras. Tal situação tem vindo a reforçar o valor das concepções construtivistas. Gil (1993) refere a propósito:

“As propostas construtivistas têm mostrado uma grande capacidade integradora de estudos muito diversos no âmbito da epistemologia contemporânea (Bachelard, Khun, Lakatos, Toulmin, Feyerabend...) (...) esta coerência resultados de investigações inicialmente desligadas umas das outras tem reforçado sem duvida o valor das concepções construtivistas sobre o ensino-aprendizagem das ciências e tem nesse sentido permitido um amplo consenso” (p. 200)

A nova epistemologia científica, ao pretender valorizar o referente teórico prévio à observação, ao defender o pluralismo metodológico, ao mostrar que o avanço do conhecimento ocorre por rupturas e descontinuidades mais que por vias lineares e acumulativas, ao redimensionar o papel desempenhado pelas situações de erro, ao sublinhar a importância que tem o consenso da comunidade científica para a validação do conhecimento, contribui para a emergência de uma nova perspectiva para o ensino das ciências: o construtivismo.

1.3.3 - O CONSTRUTIVISMO

A perspectiva construtivista, com raízes na epistemologia de “tradição interpretativa” racionalista (Driver e Oldham, 1988, p. 115) e na psicologia cognitivista, centra-se na importância primordial do significado que o indivíduo constrói no sentido de atribuir significado e sentido ao mundo que o rodeia.

Cada um interpreta o mundo em que vive de modo unívoco ao invés de se considerar que o conhecimento “certo” é universal e nesse sentido pode considerar-se que o construtivismo surge em oposição ao empirismo ou positivismo (Novak, 1988).

No construtivismo, o conhecimento é uma construção/reconstrução idiossincrática a partir de esquemas conceptuais já existentes na estrutura mental e que resultam das relações com o meio envolvente. O construtivismo considera que o indivíduo tem um papel activo no processamento da experiência e das informações determinado por um referencial teórico preexistente.

No entanto, é necessário ter consciência de que não se pode falar de construtivismo como se de um conjunto rígido de princípios se tratasse. Falar-se-á então de construtivismo ou de construtivismos? O construtivismo tem sido interpretado

com diversas variantes no campo da investigação psicológica e educativa. Segundo Carretero (1993), podem considerar-se três⁸ tipos de construtivismo:

1. “A aprendizagem é uma actividade solitária” . Nesta perspectiva situam-se autores como Piaget e Ausubel que não especificam como interactuam cultura e a interacção social com desenvolvimento cognitivo e aprendizagem . Estes autores transmitem a ideia de que o indivíduo pode aprender isolado dos outros , à margem do contexto social.

2. “Com amigos aprende-se melhor” – esta posição é defendida por autores que se situam entre posições piagetianas e vygotskianas. Nesta perspectiva a aprendizagem, e por isso a mudança individual, aumenta com a interacção social entre os indivíduos possuidores de diferentes experiências e níveis de conhecimento. A criação de conflitos cognitivos gera mudança conceptual.

3. “Sem amigos não se pode aprender”, esta seria a posição vygotskiana radical. Nesta perspectiva , o conhecimento só é possível através do intercâmbio social. Seja em que perspectiva nos situemos, uma das ideias mais importantes associada ao construtivismo é, como vimos, a ideia da importância dos nossos conhecimentos prévios no desenvolvimento cognitivo. Sempre que procuramos compreender ou dar significado a algo, fazemo-lo a partir de uma ideia ou conhecimento prévio que sobre isso temos.

Apesar das diferentes perspectivas apontadas, vamos em seguida referir-nos a dois autores em particular, pelo impacto que as suas obras tiveram na Didáctica das

⁸ Matthews (1994b) considera a propósito que “ O construtivismo é um movimento heterogéneo. Indentificaram-se pelo menos doze variantes: contextual, dialética, empírica, processadora de informação, metodológica, moderada, piagetiana, pós-piagetiana, pragmática, radical, realista social e sócio-histórica” (p. 81)

Ciências, e que constituem duas referências fundamentais na abordagem construtivista: Jean Piaget e David Ausubel.

Piaget considera que quem aprende constrói significações pessoais, na medida em que interacciona com o meio envolvente tentando atribuir-lhe sentido. Em seu entender, todo o conhecimento resulta de uma “construção interior de representações e interpretações” (Veiga, 1991, p. 29).

Graneli (1994), baseando-se na posição piagetiana, defende que a concepção construtivista considera que entre o sujeito e o objecto de conhecimento existe uma relação dinâmica e não estática. Isto é, o sujeito é activo perante o real e interpreta a informação proveniente do ambiente que o rodeia. Contudo, para construir conhecimento não basta ser activo. O processo de construção do conhecimento é um processo de reestruturação na qual o conhecimento novo se gera a partir de outro prévio. O novo é construído sempre a partir do já adquirido e transcende-o. Sem actividade mental construtiva própria e individual, que obedeça a necessidades internas vinculadas ao desenvolvimento evolutivo o conhecimento não se produz.

Esta concepção implica contudo, na opinião do autor, algumas limitações importantes nomeadamente quando considera que :

- a teoria piagetiana ocupa-se fundamentalmente com a construção de estruturas mentais e presta uma escassa atenção aos conteúdos específicos. Piaget estava mais interessado em identificar, descrever e explicar princípios e processos gerais de funcionamento cognitivo (assimilação, acomodação, equilibração e tomada de consciência). Os conteúdos particulares raramente foram objecto de estudo em si mesmo.

- para Piaget o processo de construção de conhecimento é fundamentalmente pessoal e os aspectos sociais têm pouco relevo na construção de conhecimento. O

crescimento cognitivo é “essencialmente pessoal e dá-se através de um processo de assimilação e acomodação”. (Von Glasserfeld, 1995, p.289).

Estas limitações acabam por ter reflexo nas propostas pedagógicas que, inspiradas nesta modalidade de construtivismo, prestam pouca atenção aos conteúdos e à interacção social.

O ensino, nesta perspectiva, favorece a construção de estruturas de pensamento e promove a construção do conhecimento através de um processo de descoberta relativamente autónomo, competindo ao professor propor experiências e situações que ajudem a esse processo.

Contudo, numerosos estudos sobre ideias prévias ou concepções alternativas dos alunos (Aleixandre, 1988 a), têm vindo a contribuir para a aceitação de um princípio construtivista segundo qual todo o conhecimento novo se constrói a partir do anterior. Tal ideia, fundamental, é no fundo de que as representações dos alunos sobre os conteúdos que são objecto de aprendizagem escolar são extremamente importantes para melhorar o ensino de tais conteúdos. Todos estes trabalhos têm contribuído para valorizar os conteúdos nos processos de aprendizagem.

Como referimos, falta no construtivismo piagetiano a consideração dos aspectos sociais e de contexto. Adoptando uma posição construtivista que valorize o contexto da aprendizagem, deve ter-se em conta que o conhecimento na aula se constrói graças a um processo de interacção: alunos, professor e conteúdo. Assim, é necessário não só analisar a *actividade construtiva* dos alunos como também os mecanismos de *ajuda pedagógica* que permitem aos alunos a construção e actualização dos seus conhecimentos.

Considerando agora a perspectiva construtivista ausubeliana, esta defende que as novas ideias e informações devem ser “aprendidas” e “retidas” de modo a que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e sirvam dessa forma de “ancoradouro” a novas ideias e conceitos (Moreira s.d., p.19).

Ausubel atribui uma importância decisiva às representações do aluno e considera que a integração de novas informações, nas que já detém se faz através de um processo que designa de *ancoragem*. Os organizadores prévios assumem-se assim como “ancoradouros para as novas aprendizagens cuja função é estabelecer a ponte entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento” (Ausubel et al., 1991, p. 158). Este processo diz respeito não só ao processo de aquisição e integração da nova informação, como também às transformações operadas ao nível do significado e ao sistema onde passa a integrar-se a nova informação.

Outro aspecto de grande relevo na teoria ausubeliana é o que se refere ao conceito de aprendizagem significativa.

Para Ausubel, aprendizagem significativa⁹ é um processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, esse processo envolve a interacção da nova informação com uma estrutura de conhecimentos específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* que existem na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se fixa em “conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz”. (Moreira s.d. , p.19)

⁹ durante a qual segundo Novak (1981) os subsunçores ou conceitos subsunçores assimilam a nova informação e a integram na estrutura cognitiva. Sendo “idiossincrática” a aprendizagem significativa resulta de uma estrutura cognitiva que permite a incorporação significativa de novas experiências ligadas

Neste sentido, o papel do professor é extremamente importante na medida em que, se este impuser os seus significados em vez de os “negociar” com os seus alunos, ao contrário de uma aprendizagem significativa, pode obter uma *aprendizagem mecânica* ou automática em oposição a uma *aprendizagem significativa*¹⁰ (Moreira, 1990, p. 66)

É a esta aprendizagem mecânica ou rotineira¹¹ que Ausubel opõe assim a sua aprendizagem significativa, não como uma dicotomia mas como um *continuum*, da mesma forma que não deve ser confundida a distinção entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta.

Traduz-se desta forma a principal tese ausubeliana, segundo a qual, quando a aprendizagem escolar permite ao aluno relacionar a informação recebida, ou o conhecimento por si próprio, com os conhecimentos que ele possuía previamente, trata-se de uma aprendizagem dinâmica. Fala-se em “aprendizagem por recepção significativa” ou “aprendizagem por descoberta significativa”. Se pelo contrário o aluno se limita a memorizar conteúdos, regista-se uma “aprendizagem mecânica” (Neto e Almeida, 1990, p.44)

à “herança cultural” em que está imersa. Ela resulta antes de mais quando há “disposição para relacionar o novo com a sua estrutura cognitiva”. (ibid.p.101)

¹⁰ dois dos princípios mais importantes desta teoria são os seguintes: princípio da diferenciação progressiva, e princípio da reconciliação integrativa em que o primeiro sugere uma aprendizagem de tipo dedutivo preconiza que deve caminhar-se das ideias mais gerais para as mais específicas e factuais que, assim, se vão progressivamente subordinando às primeiras à medida que novos significados vão sendo adquiridos para um determinado conceito podem surgir significados conflituantes. Torna-se então necessário uma “reconciliação integradora” em que a identificação de semelhanças significativas entre as ideias que o aluno possui e as novas ideias conduzam a uma modificação no significado da nova informação e na estrutura conceptual existente. Assiste-se a uma interacção constante entre o novo conhecimento e o conhecimento previamente adquirido.

¹¹ quando os conceitos relevantes não existem na estrutura cognitiva do indivíduo sendo as novas informações aprendidas mecanicamente, ou seja “cada unidade de conhecimento tem de ser arbitrariamente armazenada na estrutura cognitiva” (Novak, 1981, p. 58)

Comparando o construtivismo piagetiano e ausubeliano, pode afirmar-se que o construtivismo de Piaget é um construtivismo essencialmente formal. Está, por isso, preferencialmente virado para os aspectos gerais da construção cognitiva (para as estruturas e operações de pensamento) e não tanto para os aspectos específicos “conteúdo do pensamento” (Neto, 1997c, p. 6). Há, em termos psicológicos, aquilo a que Novak (1981) designa de “pré-formacionismo psicológico” (p. 101)

Neto (1995) considera que é aí que se encontram as principais divergências entre as perspectivas de Piaget e Ausubel. Defende que, ao contrário de Piaget, Ausubel tende a “subordinar o conhecimento operativo ao figurativo” (p. 101), além de que, enquanto que os esquemas de Piaget são puramente esquemas formais, os de Ausubel são essencialmente materiais: incorporam tanto os conteúdos específicos como as suas estruturas organizativas.

Em termos de ponto de partida para a construção de novos conhecimentos, Piaget e Ausubel assumem também posições divergentes. Piaget estabelece como factor determinante no processo de aprendizagem e construção de novos conhecimentos o nível de desenvolvimento cognitivo atingido pelo sujeito: os seus esquemas e operações lógicas, aplicáveis a qualquer conteúdo.

Ausubel, ao contrário, postula como factor decisivo o papel das estruturas cognitivas, isto é a lógica dos conteúdos específicos e a natureza desses mesmos conteúdos tendo em conta as aprendizagens anteriores, traduzindo-se a máxima ausubeliana nos seguintes termos:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o factor isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Descubra isso e ensine-o em conformidade” (Ausubel, et al., 1991, p. I)

O Desenvolvimento da Abordagem Construtivista na Educação em Ciências

Pode afirmar-se que são autores como Piaget e Ausubel quem, conjuntamente com outros, como Kelly (1963), que acabam por lançar as bases das teorias construtivistas de aprendizagem e a sua aplicação na Educação em Ciências como uma perspectiva inovadora.

No entanto, é de realçar que, como Von Glasserfeld (1995) sugere, se as escolas anunciam que adoptaram o “paradigma construtivista”, as pessoas ingénuas são levadas a acreditar que se tal adopção significa que se salvará a educação de qualquer crise. Ora tal não nos parece verificar-se como seria também “contraproducente” (p. 289). Isto é, a perspectiva construtivista procura abranger não apenas a vertente cognitiva que contribua para o desenvolvimento do alunos. Ao invés desta visão reducionista, a perspectiva construtivista preocupa-se também em promover a aquisição e desenvolvimento de atitudes e comportamentos que conduzam à sua plena inserção social. A propósito desta concepção Solé e Coll (1994) referem-nos que:

“ A concepção construtivista da aprendizagem parte de um facto óbvio de que a escola deve tornar acessível aos alunos aspectos da cultura que são fundamentais para o seu desenvolvimento pessoal e não apenas de âmbito cognitivo, mas que supõe incluir também capacidades de “equilíbrio pessoal, de inserção social, de relação interpessoal e motrizes” (p. 15)

Este aspecto destaca a noção de que aluno não aprende isoladamente. O professor deverá tomar consciência da necessária “ajuda pedagógica” que terá de lhe prestar: “Graças à ajuda que recebe do professor, o aluno pode mostrar-se progressivamente mais competente e autónomo na resolução de tarefas, no emprego de conceitos, e na prática de determinadas atitudes” (ibid., p. 18).

A aprendizagem construtivista destaca-se ainda pelo facto de se considerar que essa aprendizagem traduz uma representação pessoal capaz de conferir sentido ao mundo que nos rodeia, de tornar familiar algo que nos era estranho e exterior. Para a concepção construtivista, a aprendizagem ocorre quando somos capazes de “elaborar uma representação pessoal sobre um objecto da realidade ou conteúdo que pretendemos aprender” (idib., p. 16). Nesse processo não só modificamos o que já possuíamos, como também interpretamos o novo de forma peculiar, de maneira que possamos integrá-lo e torná-lo nosso.

Esta perspectiva de aprendizagem pressupõe também aspectos motivacionais que se prendem com a manifestação por parte do aluno da vontade de aprender. A este propósito, Solé (1994) refere-nos que uma das condições que Ausubel considerava para a realização de aprendizagens significativas era “a manifestação por parte do aluno de uma disposição para a aprendizagem ” (p.29). Nesse sentido a autora alerta para a necessidade de evitar uma *abordagem superficial*, no ensino/aprendizagem em Ciências na qual a intenção que caracteriza o acto de aprendizagem, se limita a cumprir os requisitos da actividade. Ao invés, defende uma *abordagem profunda* cujo objectivo da aprendizagem seja que o aluno compreenda e relacione conceitos com a experiência quotidiana.

1.3.4 – CONTRIBUTOS DA PSICOLOGIA COGNITIVISTA PARA UMA DIDÁCTICA CONSTRUTIVISTA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

As teorias cognitivistas surgem na sequência de um conjunto de trabalhos no âmbito da psicologia levados a cabo nos anos 50, que mostraram as limitações do condutismo na aprendizagem humana.

O cerne do entendimento da forma como o conhecimento humano ocorre desloca-se de um estímulo externo que o promova, para passar a indagar os processos de pensamento. Os psicólogos cognitivistas investigam os denominados “processos centrais” do indivíduo não directamente acessíveis, tais como: estrutura e organização do conhecimento, processamento da informação, estilos cognitivos, etc. O sujeito da aprendizagem é visto como uma “entidade estruturante e reestruturante ” (Santos e Praia, 1992, p. 24). O cognitivismo considera então que a aprendizagem é um processo de modificação interno, com mudanças não só quantitativas, mas também qualitativas. A aprendizagem é o resultado dos processos mentais de uma pessoa, em interacção com as ideias e acontecimentos do ambiente. O cognitivismo procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa e organiza o seu mundo. “Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação e informação envolvidos na cognição” (Moreira, s.d., p. 19) Segundo a perspectiva cognitivista, não poderemos limitar-nos à conduta observável, deveremos também estar atentos aos aspectos ligados à capacidade mental daquele que aprende, que organiza as suas estruturas mentais em resposta à experiência que está vivendo.

O cognitivismo, defende que os indivíduos não se limitam a ser sujeitos passivos da sua experiência, antes constróem estruturas para interpretar. Como afirmam Neto e Almeida (1990), está-se “longe do interesse dos behavioristas em geral, pelo comportamento e pela aprendizagem como consequência automática de estímulos e reforços vindos do exterior” (p. 43). Na perspectiva cognitivista o sujeito do conhecimento é alguém que adquire esse conhecimento em virtude de uma “estrutura cognitiva prévia” (Santos e Praia, 1992, p. 24). Assim como nos refere Garcia (1994), o

cognitivismo preocupa-se essencialmente com as peculiaridades individuais, com as diferenças entre as pessoas perante a aprendizagem.

Vamos em seguida referir alguns autores mais marcantes da psicologia cognitiva com reflexo na abordagem construtivista: Bruner e Vygotsky¹²

Na aprendizagem por descoberta, Bruner (1989) considera que é mais importante o “como se aprende” que “o que se aprende”, isto é, é mais importante aprender os processos que os produtos da aquisição de conhecimento. O aluno aprende melhor se for ele próprio a descobrir a estrutura e as ideias fundamentais daquilo que estuda.

Esta concepção teve particular impacto nos anos 60 em que se elaboraram inúmeros projectos, segundo os quais o ensino das ciências seria feito por descoberta, valorizando-se sobretudo as experiências dos alunos.

Ao professor compete, segundo esta concepção de aprendizagem, criar situações que se traduzem na proposta de situações problemáticas, para as quais os alunos são chamados, através do método indutivo, a encontrar soluções apropriando-se dos conceitos gerais. Ela deve fornecer “dados” que conduzam o aluno na descoberta de factos. O fulcro da actuação do professor está em proporcionar comportamentos observáveis e medíveis

Pode também afirmar-se que as reformas educativas dos anos 50 e 60, muitas delas baseadas nesta concepção, se constituíram como uma tentativa de combater as aprendizagem rotineiras até aí dominantes, procurando substituí-las por programas assentes na aprendizagem por descoberta ou no processo de inquérito.

¹² dado que já nos referimos a Piaget e Ausubel na secção anterior.

No entanto, apesar de se terem obtido resultados positivos, estes foram muito inferiores às expectativas criadas. Garcia (1994) identifica algumas razões para tal situação referindo:

- a sua fundamentação epistemológica empirista;
- que se considera que o aluno partia do “zero” para a construção de novas aprendizagens o que ocorria através de observações rigorosas e experiências;
- não consideração do carácter social em que ocorre a aprendizagem.

Procurando corrigir os desvios dessas abordagens, pensa-se hoje que tanto os métodos conducentes à aprendizagem por descoberta, como os que levam à aprendizagem por recepção têm um papel importante a desempenhar no processo educativo (Novak e Gowin citados em Neto, 1996 b).

Por outro lado, Gil (1993) considera que a falta de atenção aos conteúdos e a insistência em actividades completamente autónomas pouco têm a ver com a visão actual do que constitui o trabalho científico. Comparando o modelo proposto por Bruner, com a *aprendizagem por recepção significativa de Ausubel*, Gil (1993) considera que, apesar de tudo, esta foi a tentativa mais correcta de aproximação à natureza da ciência e às verdadeiras características do trabalho científico.

Considerando agora as teses vygotskianas a propósito do desenvolvimento cognitivo, um dos principais princípios é a ideia de que os novos conhecimentos e a interacção social condicionam a aprendizagem de cada indivíduo.

Segundo Vygotsky, a aprendizagem escolar depende da interacção do aluno com outros alunos e com os adultos. Estes servem de guia, de orientadores da aprendizagem necessários para o crescimento intelectual.

Vygotsky considera que surgem aos alunos situações problemáticas que eles podem facilmente resolver sem auxílio de ninguém; contudo, noutras situações, tal não é possível mesmo que o problema seja explicado detalhadamente. É nestas situações que Vygotsky veio a considerar o papel fundamental do adulto na ajuda que este pode prestar à criança e ao jovem na resolução dos seus problemas. É aqui que Vygotsky vai introduzir o conceito de Zona de Desenvolvimento Próximo (ZDP) como condição prévia ao desenvolvimento individual (Vila e Gispert, 1985).

A Zona de Desenvolvimento Próximo (ZDP) pode definir-se, muito sucintamente, como sendo um espaço em que, graças à interação e à ajuda de outros, uma pessoa pode trabalhar ou realizar uma tarefa com um nível que não seria capaz de realizar individualmente. Por outras palavras, A ZPD marca a distância entre o nível de desenvolvimento efectivo -o que o aluno consegue fazer sozinho, e o que pode fazer com a ajuda de outros -nível de desenvolvimento potencial. Esta ZDP traduz no fundo a capacidade de aprendizagem dos alunos. Ela marca o espaço próprio para a intervenção educativa. De facto, segundo Vygotsky, se ajudarmos os alunos dentro do seu nível de “desenvolvimento efectivo”, estaremos a impedi-los de aprender por si próprios se os auxiliarmos mais além do nível de desenvolvimento potencial não conseguimos que aprendam (Escaño e Serna, 1994, p. 150). A noção de Zona de Desenvolvimento Próximo ajuda-nos assim, na opinião de Neto (1995), a “prever a dinâmica do desenvolvimento”, uma vez que se “tem em conta não só o que a criança já sabe realizar mas também aquilo que está em vias de conseguir fazer” (p. 176).

Relativamente às teses piagetianas, Vygotski critica essencialmente o estado das operações formais. Carretero (1986), referindo-se a este aspecto, considera que Vygotsky, não só recusa a ideia inatista de que existem estádios ou características

comuns para todos os indivíduos à margem do meio social em que vivem, como também se torna precursor da concepção psicológica dos nossos dias: o desenvolvimento psicológico não se encontra acabado ao chegar o final da adolescência, mas continua durante toda a vida e, em qualquer etapa, o indivíduo pode confrontar-se com experiências que modifiquem as suas aquisições anteriores.

Considerando agora a perspectiva vygotskiana em associação com uma posição eminentemente pedagógica, esta tem de traduzir-se e identificar-se com a noção de ZDP. Na opinião de Onrúbia (1994), o acto pedagógico deve procurar “criar zonas de desenvolvimento próximo e intervir com elas” (p. 101).

Nesta perspectiva o ensino é concebido como uma “ajuda” porque, sem ela, é altamente improvável que os alunos cheguem a aprender e a aprender de maneira o mais significativa possível os conhecimentos necessários para o seu desenvolvimento pessoal e para a suas capacidade de compreensão da realidade.

Diríamos, em resumo, que oferecer uma ajuda ajustada durante a aprendizagem escolar supõe criar e promover Zonas de Desenvolvimento Próximo e, ao mesmo tempo, oferecer-lhes assistência e apoio para que os alunos possam ir modificando na sua própria actividade os seus esquemas de conhecimento, os seus significados e sentidos.

1.3.5-A PERSPECTIVA COGNITIVO/CONSTRUTIVISTA E O ENSINO/APRENDIZAGEM EM CIÊNCIA POR MUDANÇA CONCEPTUAL

A confluência dos domínios de conhecimento no campo da epistemologia racionalista e da psicologia cognitivista fazem com que a abordagem cognitivo/construtivista possa hoje ser considerada um dos paradigmas emergentes como modelo de aprendizagem em Ciência (Resnick 1983, Novak 1988, Wheatley,

1991, citado em Gil 1993). Estudos muito diversos, que vão desde a epistemologia contemporânea (Bachelard, Khun, Feyrabend...) até às concepções construtivistas de Kelly, passando pelos trabalhos de Piaget ou Vygotsky têm permitido um amplo consenso em torno do valor das concepções construtivistas sobre o ensino/aprendizagem de ciências.

Neto (1997c) refere a este respeito que o construtivismo é hoje considerado a filosofia dominante sobretudo no campo do ensino-aprendizagem das Ciências, considerando-o, “um forte contraponto às teses condutivistas da psicologia e às teses empiristas da epistemologia” (p.1)

A nova perspectiva cognitivo/construtivista pode ser considerada como um modelo de aprendizagem “*híbrido*” entre as posições assumidas por Piaget e Ausubel. Vejamos:

-Piaget pode, na opinião de Driver e Oldham (citado em Novak, 1995), ser considerado como um cognitivo/construtivista a partir do momento em que está preocupado com a forma como as crianças constróem o conhecimento, e reconhece a importância dos processos de autorregulação no ensino individual;

-Por seu turno também Ausubel et al., (1991) se assumem como cognitivo/construtivistas quando argumentam que:

“deveriam proporcionar-se organizadores prévios que fossem capazes de aceitar e incorporar as novas ideias, isto porque se se estabelecem poucas ligações com o conhecimento prévio e se a qualidade das ligações é fraca, haverá menos possibilidades de que o novo conhecimento seja transferido para a memória de longo prazo e portanto seja retida” (ibid. p. 117).

Valorizam desta forma os aspectos ligados aos processos de aquisição do conhecimento e o reconhecimento da importância do conhecimento anterior na aquisição e estruturação do novo.

Há que realçar que, apesar de Piaget e Ausubel defenderem que o sujeito tem uma acção determinante na organização e estruturação do seu próprio conhecimento. Estes autores divergem no entanto em alguns pontos importantes:

-Enquanto Piaget desenvolve a sua investigação independentemente do contexto e do conteúdo da aprendizagem, Ausubel salienta a importância que tem de ser dada a estes componentes;

-Enquanto Piaget considera que o nível de desenvolvimento mental é o facto mais importantes nas aprendizagens, Ausubel considera ser a “estrutura cognitiva” de cada indivíduo.

Genericamente, e de acordo com o que dissemos, pode afirmar-se que a abordagem cognitivo/ construtivista visa desenvolver processos que possam contribuir para que o aluno aprenda não só determinados conteúdos mas também que aprenda a aprender, de modo que ocorra progressivamente maior autonomia nas suas aprendizagens.

1.3.5.1. A Mudança Conceptual Como Meta

Os modelos filosóficos associados às mudanças de paradigma ocorridas na História da Ciência foram sendo gradualmente adaptados aos novos modelos pedagógicos no Ensino das Ciências, originando e fomentando uma nova perspectiva de Educação em Ciência.

À perspectiva construtivista associa-se uma concepção de Mudança Conceptual. A mudança está associada às investigações de natureza cognitiva levadas a cabo neste domínio nos últimos anos (Hewson e Beeth, 1995; Gil, 1983 e Hodson, 1988, Sequeira, 1995). Estas investigações têm enfatizado os processos de aquisição de conhecimento

como uma construção e reorganização de esquemas com estrutura própria o que ocorre de modo espontâneo inconsciente e imediato traduzindo as representações do mundo que rodeia o indivíduo. Também na opinião de Sequeira (1995), a mudança conceptual surge pela mesma via.

A investigação em ensino e aprendizagem das Ciências tem fornecido informações importantes acerca da dificuldade que os alunos apresentam na compreensão conceptual de muitas matérias que lhes são ensinadas na escola.

A perspectiva da Mudança Conceptual apresenta como principal objectivo na Educação em Ciências a ajuda aos alunos a “desenvolverem a compreensão significativa dos conceitos científicos e os processos de descrição, previsão, explicação e controle dos fenómenos naturais” (Driver, 1987, citado em Sequeira, 1995, p. 6).

Esta corrente pedagógica defende, para além disso, que a Educação em Ciências deve contribuir para ajudar os alunos a mudar as suas explicações intuitivas sobre fenómenos naturais, baseadas na experiência de índole sensorial e que se apresentam, muitas vezes, bastante diferentes das explicações científicas.

Para o desenvolvimento de um processo de mudança conceptual é necessário que o aluno tome consciência das suas concepções e que o professor tome conhecimento das ideias prévias dos seus alunos para que possa propor estratégias adequadas e avaliar os resultados obtidos.

Numa outra vertente, esta tendência pedagógico-didáctica visa também, na opinião de Sequeira (1995), a “literacia científica” para todos os alunos, já que coloca a ênfase no poder da compreensão conceptual, argumentando que “a maneira de desenvolver cidadãos educados cientificamente é mudar as metodologias de ensino de

modo a ajudar os alunos a desenvolver uma compreensão mais significativa e mais rica da ciência que estudam”. (p.6)

No entanto, a Mudança Conceptual não pode considerar-se um processo simples. Pelo contrário, ela implica um conjunto de exigências que a transformam numa realidade complexa. Entre outros aspectos refira-se que, para que ocorra Mudança Conceptual, é necessário, em primeiro lugar, que haja insatisfação com as concepções existentes e, nesse caso, a nova concepção deve surgir como inteligível, verosímil e com possibilidades de oferecer outras interpretações. Concebe-se assim a aprendizagem como uma “mudança de concepções” (Driver e Oldham, 1988, p. 116) que:

- deve ser “plausível” (Gil, 1986, p. 115) ainda que inicialmente contrarie as ideias prévias do aluno;

- potencialmente “frutífera” (Gil, et al., 1991, p.65), dando explicações às anomalias de aprendizagem encontradas.

Assumindo a posição ausubeliana, a mudança conceptual terá de traduzir-se numa aprendizagem significativa em que aluno deva possuir os elementos cognitivos necessários para poder entender aquilo que queremos que aprenda. Mas, mais que isso, é necessário ter a noção de que, segundo a opinião de Pla (1991), o conhecimento se adquire mediante um “processo autoestruturante”, isto é, a aprendizagem é um processo activo por parte do aluno, que requer a vontade de interpretação do novo, a vontade de utilizar o que já sabe para entender o que desconhece, e construir uma estrutura, um corpo de conhecimento mais rico. A educação escolar deve, então, tentar que os alunos aprendam a aprender. Que levem a cabo este processo de autoestruturação dos novos conhecimentos, de maneira significativa. Gil (1986) considera que só assim a mudança conceptual se assumirá como uma nova concepção de aprendizagem das ciências.

A Aprendizagem Conceptual

Falar de mudança conceptual pressupõe falar de aprendizagem conceptual. Referimo-nos, em seguida, a alguns aspectos da aprendizagem conceptual, nomeadamente a duas das noções mais importantes: a de “conceito” e de “conceptualização”.

A aprendizagem conceptual pressupõe que as ideias dos alunos não sejam imutáveis. Pelo contrário, alteram-se, completam-se. Os esquemas conceptuais modificam-se com maior ou menor profundidade. Habitualmente, e num contexto escolar, tais modificações são superficiais e traduzem um conhecimento também superficial assente em aprendizagens memorísticas. Pelo contrário, a aprendizagem por mudança conceptual deve basear-se nas concepções dos alunos para que se possam explicitar tanto quanto possível os seus esquemas conceptuais a fim de os modificar e/ou aprofundar (Escaño e Serna, 1994).

Santos (1991d) refere que no âmbito da Educação em Ciências as mudanças mais referidas são as mudanças de atitudes, mudanças de metodologias e mudanças conceptuais. É sobre estas últimas que incidirá com maior destaque este trabalho que aborda a problemática da aprendizagem conceptual.

Começando primeiro por nos referirmos à noção de conceito, assume-se neste trabalho *conceito* como uma “rede de inferências” (Bruner 1956, citado em Silva, 1988, p. 220), sobretudo como uma relação. Esta relação ou rede de inferências não é contudo rígida: ela deriva das idiossincrasias de cada um. Assim, “os conceitos não só organizam a realidade como afectam também a forma como o sujeito encara essa mesma realidade” (ibid., p. 221).

Os conceitos formam-se e desenvolvem-se gradualmente na mente do indivíduo, ao longo da sua vida. A formação de conceito é um processo complexo no qual o indivíduo utiliza de modo consciente ou inconsciente competências do pensamento, conforme o nível e a complexidade do conceito.

A conceptualização ou formação de conceitos é uma das mais importantes formas de conhecimento que começou a ser sublinhada pelos movimentos de renovação pedagógica que emergiram nos Estados Unidos e Europa na década de 60¹³. Desde então, têm surgido modelos diversificados que convergem na importância que conferem às capacidades de conceptualização. Estas podem considerar-se em dois níveis:

- o primeiro manifesta-se a partir do momento em que a criança começa a fazer discriminações no seu meio. Utiliza formas de pensar intuitivas e espontâneas, mais ou menos imediatas;

- o segundo nível é conhecido tradicionalmente por “pensar”, precede o primeiro e corresponde ao pensamento racional e concreto.

Este processo, através do qual os conceitos se formam, é algo que apenas respeita ao sujeito, a quem nada nem ninguém se pode substituir e que não ocorre por simples memorização ou, como refere Santos (1991e) “invariantes universais que se atingem ou não” (p. 115).

Santos (1991d) considera que a conceptualização pode ocorrer através de *aquisição conceptual* ou *mudança conceptual*, considerando que os modelos de ensino

¹³ O ensino de conceitos passa então a constituir a preocupação de vários autores que começam a desenvolver modelos que ajudem os alunos na aprendizagem de conceitos. Hilda Taba, David Ausubel, Jerome Bruner e Robert Gagné são alguns dos autores que mais se distinguiram por terem concebido modelos próprios para o ensino de conceitos (Silva, 1988, p. 219). É contudo com Novak e Gowin (1988) que mais se têm vindo a divulgar técnicas de aprendizagem de conceitos – mapas de conceitos cada vez mais generalizados e utilizados em estratégias de raiz construtivista (Costa et al., 1997; Ontória et al., 1994; Reis, 1996).

tradicionais são essencialmente de aquisição, nos quais a criança é vista como “cera mole” a quem basta “impregnar” conhecimentos tendo como objectivo “dissipar as trevas” em que o aluno se encontra (p.107).

Estes modelos ignoram a natureza e a origem dos conceitos que os alunos possuem antes do ensino formal. Pressupõem que o aluno não sabe e vem à escola para ficar a saber, sendo a informação transmitida e recebida da mesma natureza. Para estes modelos, conhecer e aprender consiste em preencher um vazio e não em substituir uma multiplicidade de representações.

Numa posição mais recente, de aprendizagem conceptual radicada numa posição cognitivo-construtivista, procura, pelo contrário, substituir-se uma multiplicidade de representações mutáveis, não apenas de conceitos simples mas, sobretudo, de conceitos estruturalmente organizados entre si: modelo de *Mudança Conceptual* (QUADRO 1). Tal modelo implica uma reorganização de toda a estrutura e não apenas de cada conceito isolado.

QUADRO 1 - Designações atribuídas aos modelos de aprendizagem conceptual: sua correspondência (extraído e adaptado de Santos, 1991d, p. 181)

MODELO DE APRENDIZAGEM CONCEPTUAL			ESTUDOS
AQUISIÇÃO CONCEPTUAL	MUDANÇA CONCEPTUAL		
Memorização por rotina	Captura conceptual	Troca conceptual	Hewson (1981)
Crescimento	Afinação	Resolução conceptual	Rumelhard e Norman (1981)
-----	Mudança evolucionária	Mudança revolucionária	West (1982)
-----	Assimilação	Acomodação	PSHG (1982) Strike e Posner (1982, 1986)
Desenvolvimento conceptual	Resolução conceptual	Troca conceptual	Pines e West (1986)
Acumulação	Adaptação	Reestruturação	Tiberghien (1988)

A aprendizagem conceptual é ainda fortemente influenciada pela forma como se dá a interacção da estrutura conceptual da disciplina com a estrutura conceptual do aluno. A este propósito, Novak (1981) considera que o professor pode assumir duas posições no “processo de educação”: como fornecedor de informação ou como mediador conforme se procura representar na **Figura 1**.

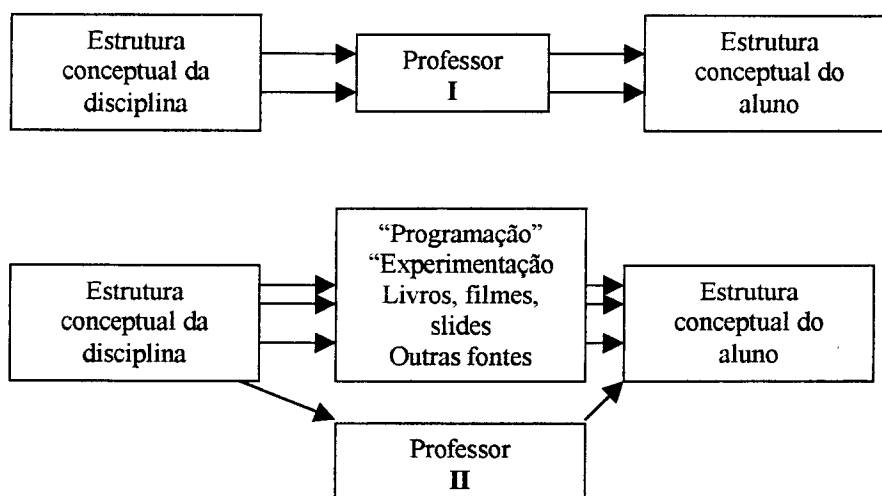


Figura 1 - Processo de educação no qual o professor serve como fonte principal de informação (I) ou como mediador, dando assistência ao aluno na selecção e uso de recursos de aprendizagem, oferecendo também interacção humana (extraído e adaptado de Novak, 1981, p. 109).

1.3.5.2 - Da Mudança Conceptual à Necessidade de uma Mudança Metodológica e Atitudinal

Estando este trabalho essencialmente centrado na aprendizagem de conceitos, e defendendo uma perspectiva de aprendizagem por mudança conceptual, reconhecemos, contudo, que é importante não esquecer que esta terá ser acompanhada de uma correspondente mudança metodológica e atitudinal. Defendemos que a aprendizagem conceptual, numa perspectiva de mudança conceptual, pressupõe uma modificação de esquemas conceptuais que traduzem percursos de pensamento; não recusamos por isso a necessidade de ter em conta os aspectos metodológicos associados à conceptualização.

A este propósito, Gil (1993) refere-nos que a mudança conceptual, como “substituição” ou “reorganização” de conceitos, não é suficiente. A mudança conceptual tem de estar associada a uma mudança de métodos e de atitudes face ao conhecimento científico, em que o eixo central seja, por exemplo, a resolução de problemas que interessem aos alunos.

Efectivamente, a adopção de um referencial científico escolar não é tarefa fácil. Ele exige, muitas vezes, o abandono ou a reformulação de concepções assimiladas e estruturadas ao longo de anos e profundamente incorporadas nas estruturas cognitivas do aluno. Exige, no fundo, que a mudança conceptual se faça mediante a utilização de metodologias distintas daquilo que Carrascosa e Gil (1985), Gil (1993) e Gil et al. (1991) apelidam de “metodologia da superficialidade”.

Há, contudo, que estar consciente que este não é, talvez, um processo pacífico. Se admitirmos que em termos históricos, no domínio do conhecimento científico, essa mudança conceptual se encontra associada a uma mudança metodológica nada fácil, é lógico pensar que o mesmo possa ocorrer com os alunos.

Consideramos, no entanto, que apropriar-se de situações em que os alunos sejam chamados a construir hipóteses, desenhar experiências, realizá-las e analisar cuidadosamente os resultados, poderá ajudar a superar a *sua metodologia espontânea de sentido comum*, e assim se alcançarem profundas mudanças tendo em vista a aquisição e construção do seu conhecimento científico.

Há então que estar atento às estratégias promotoras de mudança conceptual que, apesar de parecerem pôr quase exclusivamente a ênfase na modificação de ideias, devem, além disso, constituir-se como promotoras da *mudança metodológica*. As estratégias de ensino devem então incluir explicitamente actividades que associem a

mudança conceptual com a prática da metodologia científica. Não basta falar de mudança conceptual para que se tenham em conta as exigências metodológicas e epistemológicas que ela comporta. É necessário explicitá-lo.

Por outro lado, se temos que produzir uma reestruturação radical de conceitos em correlação com a ideia khuniana de revolução científica, deveríamos ensinar também os procedimentos implicados, conferindo assim, como sugerem Furió e Vilches (1997) uma nova orientação do ensino aprendizagem das ciências como “mudança atitudinal” (p.60).

Ao concluir este capítulo, e em resumo, podemos afirmar que diferentes teorias têm influenciado o ensino das ciências ao longo do tempo.

A “*transmissão cultural*” (Pope e Gilbert, 1983) , que durante séculos dominou a educação, trouxe consigo a ideia de que a primeira tarefa do educador é a transmissão de informações, regras e valores como “verdades” de uma herança cultural. Assentando esta perspectiva na premissa de que ao aluno compete o papel de um simples receptor passivo, não se coloca em questão que esse conhecimento possa ser transferido do professor para o aluno. A aprendizagem por transmissão, na Educação em Ciências, irá prevalecer até meados dos anos 50.

A valorização da actividade do aluno face à aquisição do conhecimento, aliada a uma nova epistemologia empirista /indutivista veio trazer à aprendizagem em Ciência uma nova perspectiva. A Didáctica das Ciências deu assim, à Aprendizagem por Descoberta, um acolhimento mais ou menos consensual nas décadas de 60 e 70

Resultados obtidos, tanto no que respeita à aprendizagem conseguida, como à imagem da ciência transmitida pelos modelos empiristas/indutivistas, são objecto de

numerosas críticas baseadas em argumentos quer de ordem filosófica, quer pedagógica (Gil, 1983; Millar e Driver, 1987).

As investigações mostram que um grande número de alunos parecem apresentar ideias acerca dos conteúdos científicos e que, na literatura, têm recebido diferentes designações como “ideias alternativas”, “concepções alternativas”, os quais se constituem como verdadeiros obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1981) na aprendizagem de conhecimentos científicos (Driver, 1983). Tais “ideias alternativas” ou “concepções erradas” podem ter efeitos profundos na capacidade para o aluno aceitar e interiorizar as explicações científicas que estão em contradição com elas (Anderson, 1992). Assim, são hoje reconhecidas as vantagens do conhecimento da lógica dos alunos relativamente à explicação de fenómenos naturais (Marques et al., 1994)

É neste contexto que o paradigma construtivista vai assumir-se, como reflexo das novas posições da filosofia da ciência de autores como Popper (1977), Khun (1975), Lakatos (1983) ou Toulmin (1977) que enunciam uma “Nova Filosofia da Ciência”.

No que respeita aos fundamentos psicológicos ganha relevo o amplo movimento cognitivista/construtivista e as ideias de Piaget e Inhelder (1964), Bachelard (1981) e Vygotsky (1979), entre outros.

Embora com posicionamento algo diferente, estes autores convergem num aspecto em comum: cada ser humano, enquanto processador activo de informação, revela capacidade de construção e reconstrução do seu conhecimento no qual assumem papel preponderante os conhecimentos que já possui.

Santos e Praia (1992) referem claramente a influência do Movimento da Concepções Alternativas e o seu contributo para a emergência de um novo paradigma,

ênfatizando a mudança conceptual à luz de um quadro teórico cognitivista-construtivista.

Nesse sentido, Cachapuz (1995), Marques (1997) e Gil *et al.* (1991) entre outros consideram que, tendo em conta que o aluno possui Concepções Alternativas, deverão ser sugeridas estratégias de ensino para a Mudança Conceptual.

Foi nesse sentido que procurámos desenvolver a nossa pesquisa e assim se apresenta o resultado da investigação a que nos referiremos na segunda parte desta dissertação.

Capítulo II

REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS

2.1 – AS REPRESENTAÇÕES ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS

Ao longo deste capítulo, são feitas algumas referências relativamente à natureza das ideias dos alunos acerca dos conceitos científicos. Permitir-se-á, desta forma, um melhor entendimento dessas representações no sentido desenvolver estratégias, adequadas a uma imagem racional de produção de conhecimento científico que se pretende desenvolver nos alunos.

As concepções que os alunos têm acerca dos diversos conteúdos curriculares em Ciência diferem, em geral, da respectiva versão científica. Estas representações encontram-se, muitas vezes, fortemente enraizadas nas mentes dos alunos e são, por isso, bastante resistentes à mudança. Verifica-se uma interferência entre as concepções do aluno e a concepção científica, muitas vezes traduzida no insucesso devido às contradições que não foram ultrapassadas ou que permanecem inconciliáveis entre o raciocínio espontâneo do aluno e o conhecimento científico.

Diversos estudos, a que já nos referimos, têm demonstrado que as crianças desenvolvem ideias sobre os fenómenos naturais muito antes de lhes ser referida a perspectiva científica na escola. Nalguns casos, estas ideias estão em consonância com a ciência que se ensina. Em muitas ocasiões, contudo, há diferenças substantivas entre as noções dos alunos e a ciência escolar (Driver 1993).

Driver (1993) refere que as diversas investigações desenvolvidas têm mostrado que estas ideias devem ser vistas como algo mais que “simples fragmentos de informação errada” (ibid., p. 308), e que as crianças têm maneiras de construir os conhecimentos para a explicação de fenómenos naturais, de forma coerente, de tal forma que encaixam com as suas experiências, ainda que possam diferir substancialmente do ponto de vista científico.

Driver, Guesne e Tiherghien (1992) consideram que os sujeitos interiorizam a sua experiência de uma forma própria. Constróem significados próprios. Estas ideias pessoais influenciam a forma de adquirir informações. Os autores chegam ao ponto de considerar que estas noções podem mesmo “persistir entre os adultos apesar de terem passado pelo ensino formal durante o qual deveriam ter sido abandonadas” (p.20).

Ao contrário dos conceitos espontâneos, que emergem da reflexão espontânea (ou estimulada social e culturalmente de forma assistemática sobre a realidade física e social envolvente da criança), os conceitos científicos desenvolvem-se no meio “altamente estruturado e sistemático” da sala de aula (Neto 1997 c, p. 27). Tal situação traduz-se num confronto em que, o aluno recebe um ensino formal em ciência e confronta-o com um conjunto de crenças que já possui acerca dos fenómenos naturais.

O desenvolvimento de esquemas de conhecimento das crianças é ainda condicionado pelo meio em que se encontram inseridas. A experiência dos fenómenos naturais é um importante factor que influencia o desenvolvimento das suas concepções. O processo pelo qual se constrói o conhecimento traduz-se, em termos gerais, num processo de contrastação de hipóteses. A conceptualização do processo ensino/aprendizagem coloca a ênfase na organização correcta das próprias experiências do aluno em vez de uma repetição “correcta” daquilo que o professor sabe (Driver, 1993, p. 318). Na sequência dos trabalhos de Vygotsky, reconhece-se que a aprendizagem não ocorre num vazio social; as crianças têm à sua disposição modos de pensar e imaginar através da linguagem e da cultura. Quando as ideias de uma criança são afirmadas e compartilhadas por outros na sala de aula, esse intercâmbio joga um importante papel no desenvolvimento do processo de construção do conhecimento.

O debate com “grupos de iguais” pode desempenhar um papel decisivo no processo de construção do conhecimento. Este debate proporciona a explicitação de ideias prévias que podem ser colocadas para reflexão e comprovação. Proporciona situações em que cada um tem de clarificar as suas próprias noções durante o processo de discussão com os outros, para chegar a uma solução do problema apresentado.

Vejamos agora quais as características mais marcantes que, segundo Driver (1993), têm sido atribuídas às concepções das crianças face aos conceitos científicos. Segundo esta autora as concepções das crianças revelam que:

- existem ideias comuns partilhadas por grande parte das crianças sobre os fenómenos naturais;
- as ideias científicas das crianças tendem a “acomodar-se” às suas experiências diárias. Isto é, as ideias das crianças encontram-se associadas a experiências de cariz sensorial e intuitivo ;
- as ideias que uma criança pode utilizar numa situação concreta dependem do contexto. Não têm estatuto de teorias científicas, são pragmáticas, e predomina o critério da utilidade;
- as ideias persistem com a idade. Certas ideias prevalecem em grupos de determinada idade. A determinação dessas ideias torna-se útil para determinar e planificar o currículo bem como desenhar métodos de ensino;
- a maneira como as ideias das crianças progridem implica uma mudança ou reestruturação das conceptualizações básicas. Aprender ciência não é uma

simples acumulação de conhecimento: requer uma mudança dos modelos mentais das crianças explicativas do modo como funciona o mundo;

-apesar do ensino formal, algumas concepções são resistentes à mudança. Isto acontece concretamente quando as ideias científicas são contrárias à intuição.

Outro aspecto que importa frisar respeita à natureza das ideias das crianças que decorre de uma apreensão intuitiva da realidade. Osborne e Freyberg (1991a) , a propósito da natureza das ideias dos alunos em ciências, destacam que, desde muito novas e antes de qualquer aprendizagem formal em matéria de ciências as crianças elaboram significados de muitas palavras que se utilizam na aprendizagem de conceitos científicos e nas representações do mundo que se relacionam com as ideias científicas. Esta elaboração de significados gera frequentemente preconcepções (Furió, 1996). A origem destas preconcepções é então devida a experiências pessoais muito variadas que incluem a percepção, a “cultura entre iguais” a linguagem , os métodos de ensino, as explicações dos professores e os materiais educativos, entre outros (p. 15).

Resumindo, pode afirmar-se que, de acordo com as investigações desenvolvidas neste domínio, a maioria dos estudos coincidem basicamente na caracterização dos “conhecimentos prévios dos estudantes” Gil (1986, 1991), Pozo e Crespo (1997), Cubero (1993), Furió (1996) e que, em resumo, apresentam as seguintes características:

- parecem dotados de certa coerência interna;
- são comuns a diversos alunos de diferentes meios sociais e idades;
- apresentam certa semelhança com concepções que estiveram vigentes ao longo da história do pensamento científico e filosófico;

- são persistentes, quer dizer, não se modificam facilmente mediante estratégias de ensino convencionais.

Apesar das novas orientações na Educação em Ciências apontarem nesse sentido, a perspectiva construtivista continua, na opinião de Pope e Gilbert (1988), muito afastada das práticas docentes e, como tal, as características que temos vindo a referir têm sido ignoradas verificando-se que “só muito raramente se tem feito uso do conhecimento espontâneo dos alunos” (p. 72).

Creemos plenamente que “no ensino das ciências nas escolas, parece ser baixo o número de professores que fazem uso das experiências pessoais e do raciocínio espontâneo dos seus alunos”, como defendem também autores como Zylbersztajn (1980) ou Viennot (1979) (citados em Pope e Gilbert, 1988, p. 73).

É nesse sentido que encontramos justificação para considerar que se torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de esforços tendentes a encontrar estratégias didácticas que tenham em consideração os estudos sobre consistência das ideias dos alunos em ciências (Martinez, 1996) pois, como assinalam Ausubel et al. (1991), um melhor conhecimento acerca do modo como aprendem os alunos pode repercutir-se directamente na busca de fórmulas tendentes a ajudar a aprender melhor.

O desenvolvimento de modelos de ensino/aprendizagem de raiz construtivista como o que é proposto, por exemplo, por Driver (1993) pode contribuir para uma aprendizagem mais efectiva na medida em que considera:

- as concepções prévias dos alunos e, por isso, propõe actividades que ajudem os alunos a avaliar as concepções existentes e as novas ideias científicas a aprender;

- a criação de oportunidades que permitam aos alunos falar acerca das ideias que estão desenvolvendo e utilizando. Pode ser útil a discussão em pequeno grupo sobre tarefas cuidadosamente desenhadas para proporcionar tais oportunidades;

- o papel do professor enquanto guia dos alunos no sentido de encararem os fenómenos naturais sob uma perspectiva científica.

Neste domínio, estão hoje em desenvolvimento outros modelos de aprendizagem conceptual de raiz construtivista a que nos referimos no capítulo IV.

2.2 – A LINHA DE INVESTIGAÇÃO SOBRE AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E O DESENVOLVIMENTO DA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA NA DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS

A emergência de um novo paradigma cognitivo-construtivista de Educação em Ciências, em que é valorizado o conhecimento privado para novas aquisições e reestruturações conceptuais, levou ao despoletar de, entre outras, uma nova vertente na investigação em Didáctica da Ciências. Tal movimento designado por Movimento das Concepções Alternativas (MCA) (Millar e Driver, 1987) constituiu um dos domínios de investigação didáctica mais representativo a partir dos anos 70.

Efectivamente, a ideia da mudança conceptual fez despoletar na Didáctica das Ciências a necessidade de inventariar as “concepções prévias” (Gil, 1986), contribuindo assim para o aparecimento de uma linha de investigação sobre concepções alternativas com o principal objectivo de estudar a “transformação das ideias prévias dos estudantes em contextos científicos concretos” (Furió, 1996, p. 8)

Gil (1986, 1994) considera que, a partir do momento em que se iniciou o estudo sistemático dos “grandes erros dos alunos” (respostas incorrectas cientificamente), quando respondem a questões básicas relacionadas com a aprendizagem de ciências, a

investigação sobre concepções alternativas converteu-se no tema central da investigação em Didáctica das Ciências.

Da enorme quantidade de estudos nesta linha de investigação importa referir nomes¹⁴ como Bell e Freyberg (1991), Cosgrove e Osborne (1991 a), Cubero (1993), Driver (1983, 1993) , Driver et al. (1991), Erickson (1979), Freyberg (1991), Osborne (1991), Osborne e Freyberg (1987).

Genericamente, pode considerar-se que esta linha de investigação se centra principalmente nas representações dos alunos para contextos e conteúdos bem delimitados e que remonta, como se disse, aos princípios da década de 70, tendo tido o seu grande desenvolvimento na década de 80. Centra a sua atenção nas representações dos alunos sobre temas científicos que reflectem experiências de aprendizagem anteriores à instrução formal, acentuando que essa aprendizagem é condicionada por representações que permanecem afastadas dos conceitos científicos e que a escola se propõe transmitir.

No entanto, o objecto de pesquisa da linha de investigação sobre concepções alternativas não se reduz à identificação das concepções dos alunos. Procura também estudar “as concepções veiculados por projectos curriculares, por manuais escolares e até pelos próprios professores” (Santos, 1991d, p. 91) .

No movimento das concepções alternativas podem considerar-se algumas “variantes” nomeadamente as que se dedicam:

- ao estudo das concepções sobre a natureza da ciência e os procedimentos utilizados na actividade científica;

¹⁴ Baker (1991) refere-se a várias investigações sobre *misconceptions*, nomeando autores como Coburn, Treagust e Smith, Schoon, Julian, entre outros.

- ao estudo das atitudes dos alunos face à ciência bem como das estratégias didácticas de mudança conceptual;

- ao estudo das concepções dos professores sobre a natureza da ciência e o currículo (Furió, 1996).

Contudo, são de destacar-se duas das variantes mais implementadas:

- *identificação de concepções alternativas*. Esta é uma linha essencialmente descritiva e interpretativa. Tem como principais objectivos a identificação e caracterização das concepções alternativas dos alunos e tem representado uma das áreas mais desenvolvidas na investigação em Didáctica das Ciências.

As suas conclusões têm denunciado alguns aspectos negativos da aprendizagem por aquisição conceptual bem como evidências empíricas de que algumas concepções alternativas são difíceis de eliminar e, por isso, estratégias baseadas em princípios de aprendizagem por recepção não têm resultado em aprendizagens efectivas.

- *desenvolvimento de estratégias para a mudança conceptual*. Enquanto que a primeira se ocupa fundamentalmente com o diagnóstico das concepções dos alunos e na interpretação da sua origem e natureza, com provável impacto na aprendizagem formal, a segunda linha de investigação, mais recente e menos desenvolvida, procura avaliar o resultado do desenvolvimento de estratégias que contribuam para a mudança conceptual.

Furió (1996) considera a propósito, que esta linha se desenvolve a partir das concepções alternativas para o aprofundamento dos processos de mudança conceptual.

Nos últimos anos tem-se apontado para a necessidade de assumir uma posição mais prescritiva que descritiva. Tendo em conta a inventariação já efectuada em diversas áreas, torna-se necessário investigar a forma de actuação pedagógico-didáctica

no sentido de tentar dar respostas as concepções alternativas já identificadas e que por vezes constituem obstáculos à aprendizagem de conceitos científicos.

Gómez (1994) alerta para o facto de hoje se saber já muito acerca das ideias dos alunos, mas muito pouco acerca da forma como modificá-las. Nesse sentido, vai havendo um consenso generalizado de que há que abandonar os “estudos meramente descritivos” para centrar os esforços no estudo dos processos de “mudança conceptual” (Furió, 1996, p. 16).

No entanto, há que procurar evitar aquilo a que o autor designa de “reducionismo conceptual”, na medida em que se tem vindo a constatar que os modelos de mudança conceptual se têm baseado quase exclusivamente nas estratégias de conflito cognitivo individual. Há que ter em conta outros aspectos como os procedimentos e atitudes face ao conhecimento científico, para além das preocupações conceptuais. Isto é, a aprendizagem das ciência não deve fazer-se por uma via meramente conceptual, desligada do contexto em que foi produzido o conhecimento científico já que este reflecte, necessariamente, as atitudes e procedimentos adoptados durante o processo de produção desse mesmo conhecimento.

Este movimento não é contudo aceite por toda a comunidade científica que se preocupa com a aprendizagem de Ciência dos alunos. A título ilustrativo, referimos a opinião de Almeida e Vilela (1996), que têm tecido algumas divergências em relação a esta linha de investigação. Os autores criticam desde logo o princípio de Ausubel acerca da necessidade de partir daquilo que os alunos já sabem, apontando, como dificuldades neste processo, a “falta de tempo e a quase inerente impossibilidade de medir ou descrever aquilo que o aluno já sabe.” (p.18) Consideram assim mais

importante as capacidades processuais que o aluno tem à sua disposição e é sobre estas capacidades que se propõem actuar.

Em nossa opinião e considerando as características referidas para as representações dos alunos, discordamos destes autores. Consideramos que a abordagem construtivista implica obrigatoriamente que se conte com as representações dos alunos que qualitativa e quantitativamente não representam uma tão grande diversidade que impeça a sua rápida identificação. Consideramos ainda que a explicitação das capacidades processuais se faz com recurso à utilização de um conteúdo e num contexto, conteúdo esse que traduz concepções adquiridas ou originadas pelo aluno.

2.3 - REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS: DIVERSIDADE TERMINOLÓGICA

Nesta secção referimo-nos de modo breve às diversas designações que têm sido propostas para referir o conhecimento privado dos alunos. Procuramos justificar a designação por nós adoptada, tendo em conta os objectivos deste trabalho e o nosso posicionamento epistemológico.

As diversas investigações levadas a cabo sobre as representações dos alunos têm vindo a demonstrar uma enorme diversidade de termos habitualmente utilizados para as designar (**QUADRO 2**).

A diversidade de designações existentes na literatura para tentar compreender o “conhecimento privado” dos alunos (Santos, 1991d, p. 92) reflecte os diversos quadros conceptuais em que os diversos autores se vão posicionar.

QUADRO 2- Diferentes designações utilizadas nos estudos sobre representações dos alunos em Ciência

<i>esquemas conceptuais</i>	Cubero (1988)
<i>esquemas conceptuais alternativos</i>	Driver e Easley (1978, citado em Vásquez, 1994)
<i>teorias ingênuas</i>	Caramazza, McCloskey e Green, (1981, citados em Vásquez, 1994)
<i>concepções alternativas</i>	Hewson (1993) Pozo e Crespo (1997), Faria e Duarte (1988) Pedrosa et al. (1997)
<i>ciência das crianças, ciência intuitiva</i>	Osborne e Freyberg, (1991)
<i>erros conceptuais, concepções errôneas ou - misconceptions</i>	Bévia, (1994), Gil et al (1991), Marques (1994)
<i>preconceitos</i>	Carrascosa e Gil, (1985),
<i>ideias prévias</i>	Hierrezuelo e Montero (1989), Camino (1995)
<i>concepções espontâneas</i>	Pozo e Carretero (1986)
<i>conhecimentos prévios</i>	Miras (1994)
<i>ideias intuitivas</i>	Marques e Praia (1991)
<i>conceitos alternativos</i>	Vasconcelos, Loureiro e Costa (1995).
<i>ideias alternativas</i>	Marques (1997)

Para além disso, esta diversidade terminológica revela também que o seu estatuto epistemológico¹⁵ não está ainda definido, tanto mais que se assiste muitas vezes à utilização de diferentes termos, o que traduz divergências a nível epistemológico, que resultam de diferentes interpretações acerca da origem do conhecimento (Santos, 1991d, 1992, Furió, 1996).

¹⁵ Abimbola (1988) refere-se à terminologia utilizada em investigação sobre concepções dos alunos em ciência referindo a raiz epistemológica da terminologia à luz do empirismo e da “nova filosofia da ciência”.

Furió (1996) considera que, apesar da grande disparidade terminológica, parece haver algum consenso na utilização da expressão “concepções alternativas” para designar o conhecimento anterior “à instrução do estudante” (p. 9).

García e Rodriguez (1988), ao considerarem a terminologia utilizada para designar “aquilo que o aluno já sabe” (designação mais correcta em sua opinião), consideram que deveria haver cuidado na atribuição indiscriminada que se faz da terminologia. Esse uso indiscriminado pode fazer supor que os diversos termos são equivalentes, o que não corresponde à verdade.

Estes autores tecem algumas críticas à terminologia que procura designar o conhecimento dos alunos, tais como “ciência do aluno” ou “esquemas alternativos”. Pelo contrário, defendem a noção de “ideias prévias” e “ideias alternativas”. Por partilharmos da mesma opinião é em relação às “ideias prévias” e “ideias alternativas” que nos iremos ocupar.

As “ideias prévias” exprimem as representações do aluno antes do ensino formal e podem igualmente ser designadas por ideias intuitivas ou “pré-concepções”. O termo “ideias alternativas” refere-se às ideias que o aluno desenvolve no contexto do ensino formal e que podem gerar “erros pós-instrucionais” ou fazer permanecer as que o aluno tinha antes do ensino formal, ou seja “ideias intuitivas”.

Nesta dissertação utilizaremos o termo “ideias alternativas”¹⁶ também considerado por autores como Marques (1994), Faria e Duarte (1988), Correia (1991), ou Faria e Marques (1994), na medida em que se pretende tomar conhecimento das ideias que os alunos possuem tendo em conta que, de alguma forma, todos foram sujeitos ao ensino formal dos conceitos abrangidos pelo estudo.

¹⁶ sempre que nos referirmos a outra terminologia, ela será identificada com o autor que a propõe.

Consideramos, apesar de tudo, que a distinção feita por Garcia e Rodriguez (1988) entre “erros pós-instrucionais” e “ideias intuitivas” nos parece um pouco inadequada, na medida em que se torna difícil determinar se as “ideias alternativas” se traduzem em erros “pós-instrucionais” ou são “ideias intuitivas”. Optamos pelo termo “ideias alternativas”.

Por outro lado a designação “concepções alternativas” não nos parece muito adequada ao estudo, na medida em que, interpretando-as como “representações espontâneas” (Santos, 1991 d), partimos do pressuposto que os alunos já possuíam um conhecimento prévio dos termos e conceitos envolvidos no estudo e por isso as suas ideias não traduzem a representação “original”, mas induzida pelo ensino formal. Consideramos, face ao conteúdo científico seleccionado para o estudo, que os alunos não expressam uma “representação espontânea intuitiva e imediata, independente e anterior às aprendizagens escolares” (Santos, 1991e, p.21), mas sim “ideias alternativas induzidas, e adquiridas” (Crespo, 1996) de origem cultural, neste caso escolar – “as concepções sociais” (Pozo, 1996).

Entendemos que os alunos desenvolvem “concepções de origem escolar” que podem ser o resultado de “possíveis erros conceptuais com origem no próprio ensino recebido” (ibid., p. 24)

Refira-se, por último, ainda a propósito da diversidade terminológica para explicar as representações dos alunos, a importância de investigações que têm procurado desenhar as metodologias de ensino adequadas. Tais pesquisas têm levado os investigadores à realização de inúmeros trabalhos sobre a identificação, descrição,

fundamentação epistemológica, de tais designações¹⁷. Contudo, apesar da proliferação destes trabalhos, pouco se tem avançado na “clarificação da epistemologia e do estatuto ontogénico, dos termos e dos seus significados”. (Carmichael et. al., 1990, citado em Gómez, 1994, p. 236).

2.4 - AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS EM CIÊNCIAS DA TERRA

Tendo em conta a natureza e os objectivos do nosso estudo, considerámos que seria necessário proceder à identificação dos conteúdos das Ciências da Terra que têm sido alvo de pesquisa relativamente às “ideias alternativas”.

Relativamente a este assunto, Furió (1996), ao referir-se ao número de artigos publicados relativos às concepções das Ciências da Terra, ilustra a “difícil” situação desta área do conhecimento científico, quando comparada com outras. O autor refere que os conceitos de Física são os que têm recebido maior atenção, com 61% das publicações revistas por Pfundt e Duit (citado em Furió, 1996, p.10), estando a Biologia representada com 20% e as Ciências da Terra com apenas 1% do total de artigos.

Esta situação é também identificada por Pedrinaci (1996 a) que refere que os estudos acerca das ideias dos alunos em Ciências da Terra está longe de poder oferecer uma “cartografia similar” à existente na Física ou na Química (p. 27).

Se na generalidade dos países a situação é claramente desfavorável às Ciências da Terra, a situação em Portugal¹⁸ segue também esta tendência. Marques (1997) considera, no caso português, que tal situação não é certamente alheia ao facto

¹⁷ Neste sentido Gomez (1994) propõe-se a realizar uma revisão bibliográfica dos termos utilizados por diversos investigadores e educadores em ciência, analisando o significado que lhe dão apartir da opção metodológica tomada.

¹⁸ Vera (1988) refere que a situação em Espanha é idêntica.

de, até à Reforma Curricular, os conteúdos das Ciências da Terra terem estado ausentes dos currículos obrigatórios do ensino secundário. Justifica-nos a sua posição indicando:

“ Não foi sentida com premência a necessidade de proceder à investigação neste domínio na medida em que rareavam ao longo dos curricula de ciências, compreendendo-se, por isso, que menos esforço nos tópicos afins às designadas geociências tenham sido feitos” (p.11)

Apesar da raridade do estudos neste domínio, Furió (1996), refere ainda alguns estudos sobre concepções dos alunos nas Ciências da Terra, e que se apresentam no

QUADRO 3.

QUADRO 3 – *Conceitos das Ciências da Terra que tem sido objecto de estudo na linha de investigação sobre concepções alternativas*

Conceito de mineral e rocha	Pedrinaci (1996 a), Happs (1985)
Origem das rochas	Pedrinaci (1992)
Conceito de solo	Pedrinaci (1996 a), Yus e Rebollo (1993), Russel et al. (1993)
Mudanças de relevo	Pedrinaci (1996 a)
Tempo geológico	Pedrinaci e Berjillos (1994)
Forma e tamanho da Terra	Vosniadou (1994)
Direcção do campo gravítico	Nussbaum (1985), Marques (1994), Arnold <i>et al</i> (1995)
Origem das montanhas	Lillo (1993)
Sistema Sol/Terra	Barrabín (1995), Faria e Marques (1994)
Formação da Terra e origem da vida	Marques e Thompson (1997)
Deriva continental	(Marques, 1994)

As ideias dos alunos sobre sismologia

Se, relativamente à totalidade dos conceitos das Ciências da Terra, os estudos sobre as ideias dos alunos são escassos, como já vimos, em sismologia a situação agrava-se ainda mais.

Em relação à pesquisa de ideias alternativas, escassos são os autores que desenvolvem estudos nesta área.

Vera (1988) procura identificar alguns “pré-conceitos” em sismologia.

Leather (1993) identifica algumas concepções alternativas relativamente ao que acontece nas estruturas geológicas durante um sismo e quais as suas causas.

Ros e Shuell (1993) indentificam algumas “*concepções erróneas*” (p. 103) relativamente ao conceito e às causas dos sismos.

Capítulo III

**O ENSINO/APRENDIZAGEM DA SISMOLOGIA
UMA ABORDAGEM CURRICULAR**

Em relação à formação actual de professores, Furió (1994) destaca alguns requisitos que devem ser tidos em conta no seu percurso formativo e nas suas práticas quotidianas, nomeadamente no que respeita ao conhecimento da matéria a ensinar, e à fundamentação teórica que integre as novas exigências de uma aprendizagem construtivista. Na sequência do que referimos na introdução deste trabalho, consideramos, como Carvalho e Gil (1993), que o professor deve:

- conhecer os problemas que originaram a construção do conhecimento científico;
- conhecer, em especial, quais as dificuldades e obstáculos epistemológicos frequentes na construção do conhecimento científico;
- conhecer as orientações metodológicas e os critérios de validação e aceitação das teorias científicas;
- conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade associadas ao conhecimento científico, sem ignorar, portanto, o papel social das ciências;
- estar ciente dos desenvolvimentos científicos recentes para poder transmitir uma visão dinâmica de Ciência.
- saber seleccionar conteúdos adequados, que sejam susceptíveis de provocar o interesse dos alunos, sem deixar de dar uma visão correcta da Ciência;
- estar preparado para aprofundar os conhecimentos que possui e para adquirir outros.

Para além das vertentes a que nos referimos, e baseando-nos em estudos referidos por Tobin e Espinet (citado em Carvalho e Gil, 1993), tudo indica que a

falta de conhecimento científico constitui a principal dificuldade para que estes se envolvam em actividades inovadoras de carácter didáctico.

Tendo em conta estas considerações e as nossas convicções , pensamos que se justifica a inclusão no nosso trabalho de um capítulo de natureza essencialmente curricular relativo aos conteúdos científicos.

Assim, a nossa primeira preocupação foi tentar averiguar em que disciplinas e em que anos é abordado o tópico que seleccionámos para a pesquisa – sismologia. Acerca deste assunto, utilizámos o estudo de Miguéns *et al.* (1996) que, propondo uma análise curricular dos programas do ensino básico de Ciências da Natureza identificam a abordagem deste tópico ao nível do ensino básico e, de alguma forma, no secundário.

Em relação ao 1º ciclo, os autores assinalam que, apenas ao nível do 4º ano de escolaridade, este tópico é ligeiramente abordado, incluindo-o no tema “saúde pública: segurança anti-sísmica” (p. 56).

O tema surge depois ao nível do 3º ciclo do ensino básico no programa de Ciências Naturais do sétimo ano de escolaridade.

Ao nível do ensino secundário os autores referem que alguns conteúdos leccionados ao nível do sétimo ano voltam a repetir-se no décimo, defendendo, como nós, que o programa deste nível de ensino está para este tópico de acordo com alguns dos princípios ausubelianos:

“as sequências de ensino devem começar pelas ideias mais gerais e inclusivas, pois, para além de se ligarem facilmente aos conceitos existentes nos alunos, também servem como conceitos integradores poderosos para a fundamentação de um vasto conjunto de conhecimentos mais específicos” (p. 81).

Em traços gerais, preconiza-se um currículo em que a sequenciação de temas de de ensino não deve ser feita de forma linear. Considera-se que a representação que o

aluno faz do conhecimento varia de acordo com a idade e com o seu desenvolvimento cognitivo. Deve voltar-se ao mesmo assunto, se necessário, para o abordar de forma mais aprofundada.

Saliente-se que não interessa apenas a aquisição cumulativa de conhecimentos científicos, mas a sua articulação em estruturas cognitivas.

3.1 - O ESTUDO DA SISMOLOGIA NO ENSINO SECUNDÁRIO

3.1.1 - OS OBJECTIVOS

Tendo optado por desenvolver neste capítulo uma abordagem curricular, dar-se-á ênfase especial aos objectivos e conteúdos, no sentido de identificar o que o aluno deve aprender e que o professor deve conhecer. Dessa forma, referimo-nos estritamente aos objectivos e conteúdos indicados explicitamente no programa, com as particularidades respeitantes ao tópico sismologia e que interessam à nossa investigação.

Em termos de objectivos gerais, referimo-nos em particular àqueles que dizem respeito ao conhecimento dos diversos aspectos do tópico em estudo.

O programa da disciplina de Ciência da Terra e da Vida determina, entre as suas finalidades, que se devem “integrar os contributos de diversas ciências no conhecimento dos modelos propostos para a estrutura da Terra” (p. 8).

A sismologia deve, nesse sentido, ser abordada na perspectiva de funcionar como um dado ao dispor do aluno para compreender os modelos explicativos para a Estrutura Interna da Terra. O estudo da sismologia deve, assim, realçar a sua

importância aplicada a outros estudos: o conhecimento da Terra inacessível.

O estudo da sismologia deve contribuir para que o aluno possa:

- compreender as características dos materiais terrestres a partir da exploração de registos sísmicos;
- aplicar dados de outras ciências à compreensão do comportamento das ondas sísmicas;
- relacionar os sismos com a existência de correntes de convecção e de placas tectónicas;
- relacionar algumas estruturas tectónicas com a frequência e a magnitude dos sismos;

Apesar destes objectivos estarem orientados para a grande finalidade do estudo da sismologia, parece-nos que seria necessário um outro objectivo em que fosse referida a importância crucial do comportamento das ondas sísmicas para o conhecimento da estrutura interna da Terra. Aliás, o tópico programático seguinte “*Um modelo de estrutura da Terra*” é estabelecido essencialmente a partir do comportamento das ondas sísmicas que fornecem indicações preciosas acerca da estrutura e composição do interior da Terra, como é, aliás, destacado nas Orientações de Gestão de Programa (p. 8)

3.1.2 - OS CONTEÚDOS

Em termos de conteúdos, o mapa organizador do programa de Ciências da Terra e da Vida considera que a “Estrutura da Terra”, “A Terra Primitiva e a Origem da Vida” constituem “temas centrais” desta disciplina (p. 26).

No que respeita ao tema central “ Estrutura da Terra” , pretende-se desenvolver a compreensão de que os modelos concebidos para as suas características são baseados ou inferidos a partir de uma variedade de dados científicos. Nesta linha, o tema organizador define que “estudos geofísicos e dados da planetologia fornecem parâmetros que permitem inferir as principais unidades estruturais do interior da Terra” (ibidem).

O estudo da sismologia é orientado no sentido de fornecer dados de natureza indirecta para o conhecimento da estrutura interna da Terra e não como um conhecimento em si mesmo, como já se referiu.

Os conteúdos contemplados no programa são os seguintes:

- a sismologia;
- ondas sísmicas –modo de propagação;
- detecção de sismos;
- intensidade e magnitude sísmicas;
- causas dos sismos;
- os sismos em Portugal – contexto em que se verificam;

Aos conteúdos referidos corresponde a abordagem dos principais termos e conceitos : sismo, sismograma, escala de Richter, terramoto, maremoto, réplicas, fenómenos premonitórios, raz de maré, ondas longitudinais, ondas transversais e ondas superficiais.

Tendo em conta os objectivos deste trabalho , iremos referir os diversos conteúdos que possibilitem, por um lado, saber aquilo que o aluno já conhece das aprendizagens escolares, em particular do sétimo ano, identificando-se o conteúdo relevante para o conhecimento da estrutura interna da Terra, por outro, validar os

instrumentos de pesquisa utilizados, particularmente as concepções cientificamente adequadas aos questionários e mapas de conceitos utilizados na investigação.

Refira-se ainda que, para além da pesquisa bibliográfica de carácter científico, foram analisados alguns manuais didácticos do sétimo e décimo anos de escolaridade. Esta análise comparativa permitiu identificar claramente a perspectiva epistemológica subjacente aos referidos manuais, bem como eventuais incorrecções científicas no que respeita aos conceitos abordados, que destacamos quando for pertinente.

O texto que se segue tem como preocupação referir-se aos conceitos atrás indicados que, com um nível de profundidade e rigor científico, numa abordagem curricular específica para o ensino secundário, não vai além do exigido conforme o programa. Daí alguma linguagem mais comum e simplificada.

3.1.2.1 - A Sismologia

Estima-se que, nos últimos duzentos e cinquenta anos, mais de trezentos milhões de pessoas tenham morrido em consequência de terramotos e muitos outros milhares tenham visto as suas fontes de alimentação e economias destruídas.

A ocorrência de sismos no presente, tendo em conta o crescimento da população mundial, constitui uma das motivações mais forte para que os cientistas e engenheiros os estudem.

Os sismos têm causado não apenas enormes destruições, mas constituem simultaneamente uma importante fonte de conhecimento geológico. A interpretação do comportamento das ondas sísmicas tem fornecido aos geólogos uma, e muitas vezes a única, fonte de informação acerca do interior da Terra.

De modo genérico pode afirmar-se que a sismologia estuda as perturbações dinâmicas no interior da Terra, produzidas por terremotos ou explosões. Entre os seus objectivos principais objectivos estão: a determinação do modelo estrutural da Terra; a compreensão das causas e dos mecanismos dos terremotos; a previsão os locais onde estes podem vir a constituir riscos sócio-económicos; a monitorização da ocorrência e os mecanismo gerados por influência humana, por exemplo, na construção de barragens hidroeléctricas.

O estudo científico dos terremotos é, contudo, uma ciência bastante recente¹⁹ quando comparada com os desenvolvimentos no âmbito da Química ou da Física, por exemplo. Durante muito tempo vigoraram explicações míticas para a origem dos sismos (Figuras 2 e 3).

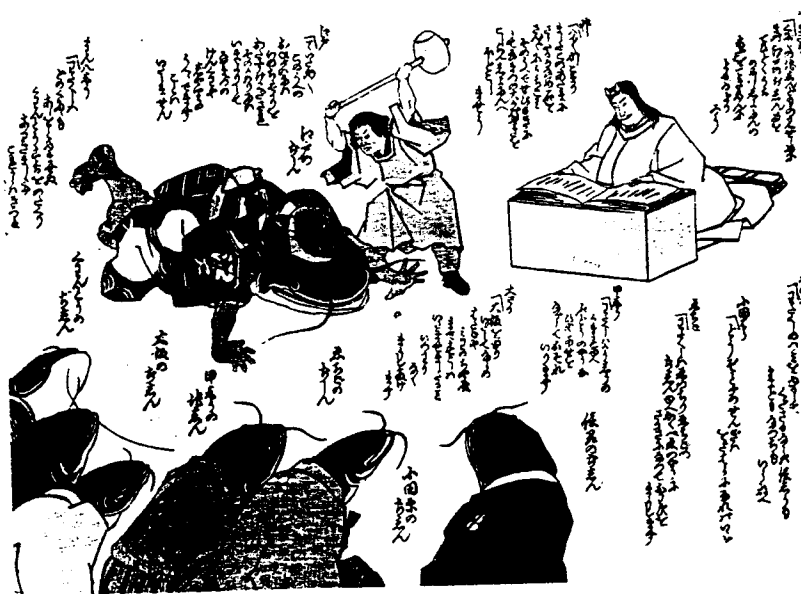


Figura 2 – Na antiguidade os Japoneses afirmavam que os sismos eram provocados pela súbita agitação de um *namazu* um gigantesco peixe-gato que se encontrava enterrado na lama por debaixo da Terra. (extraído de Bolt, 1993, p. 1)

¹⁹ Esta imagem da sismologia tende a ser transmitida aos alunos através dos manuais escolares, sem que se refiram as explicações mais remotas sobre o fenómeno sísmico. Tendo em conta a análise efectuada aos manuais, são raros os casos em que a origem da sismologia é referida numa perspectiva histórica.

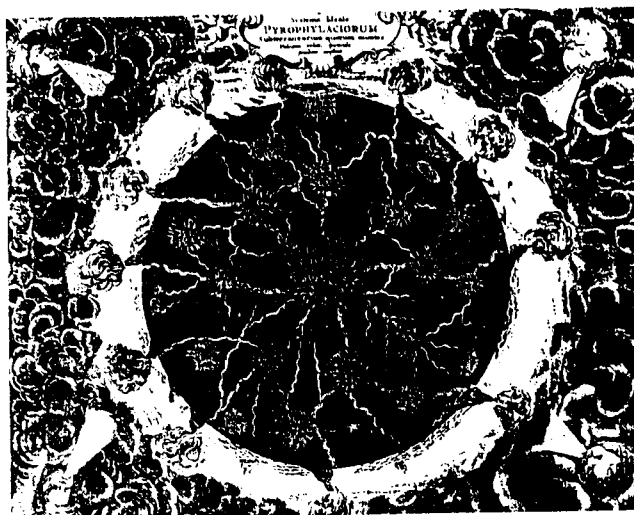


Figura 3- Para Aristóteles os sismos eram vibrações do interior do globo provocadas por correntes de ar que penetravam por cavidades existentes à superfície. Esta explicação manteve-se até finais do século XVIII (extraído de Bolt, 1993, p.4).

É apenas nos finais do século XIX que a sismologia começa a desenvolver-se como uma ciência quantitativa, em particular com os trabalhos de John Milne que construiu no Japão um sismógrafo de uso universal, o qual foi posteriormente aperfeiçoado por E. Wiechert na Alemanha, por Prince Galitzin na Rússia e Hugo Benioff do Instituto tecnológico da Califórnia. (Davis, 1984a). Pode, contudo, considerar-se que “a fundação da moderna sismologia foi baseada nos trabalhos de campo de Robert Malet relativos ao sismo de Nápoles²⁰ de 1857 (Bolt, 1993, p.9).

3.1.2.2 - A Importância dos Estudos de Sismologia

Os cientistas têm-se esforçado por estudar as manifestações sísmicas, a fim de terem delas um melhor conhecimento e de recolher dados sobre a estrutura da Terra.

O estudo do comportamento das ondas sísmicas revela-se então um auxiliar precioso na definição e estabelecimento da estrutura interna da Terra. “Para zonas

²⁰ Embora Bolt (1993) assinala que o sismo de 1755 tenha sido o mais bem estudado do ponto de vista científico, à época em que ocorreu (p. 7)

superficiais os geofísicos utilizam sismos experimentais; o conhecimento das zonas profundas só se pode fazer recorrendo à sismicidade natural” (Silva e Batista, 1989, p. 70).

A velocidade das ondas sísmicas constitui um outro parâmetro particularmente útil neste tipo de estudos. Como em qualquer outro tipo de ondas, a propagação das ondas sísmicas depende de certas propriedades físicas da matéria através da qual se propagam. Os valores destas propriedades para as diversas rochas são mensuráveis em laboratório. É assim possível comparar a velocidade de propagação das ondas sísmicas em cada rocha com valores registados a várias profundidades no interior da Terra. As determinações laboratoriais realizam-se a altas temperaturas e pressões, de modo a reproduzir, na medida do possível, as condições existentes em profundidade. Estabeleceram-se assim, por este processo, hipóteses sobre a constituição do interior da Terra.

O comportamento das ondas sísmicas tem também grande importância nos estudos tectónicos. As ondas P, em particular, são muito utilizadas na investigação da estrutura da Terra. Moores e Twiss (1995) destacam três tipos de estudos neste domínio, nomeadamente: “o estudo das estruturas tectónicas, a refacção e reflexão sísmica e os estudos de movimentos do subsolo” (p. 13).

Existem ainda outras vertentes importantes da actividade humana relacionadas com o importante contributo que os estudos sísmicos nos podem fornecer. Referimo-nos aos métodos de prospecção sísmica aplicados em geologia económica. Tais métodos consistem em provocar explosões artificiais geradoras de movimentos sísmicos²¹. Este

²¹ Parasnis(1970, p. 135) refere que o método usual para produzir ondas sísmicas consiste em provocar a explosão de uma carga de dinamite colocada numa perfuração. Assinala ainda que a queda de pesos e as vibrações eletromecânicas, pelo contrário, não têm dado grandes resultados.

princípio utiliza-se na prospecção de jazigos metálicos, não metálicos e petrolíferos²², de aquíferos e de estruturas e materiais de interesse geológico geral.

Permitindo obter dados sobre as camadas superficiais da Terra, os sismos artificiais complementam muitas das informações fornecidas pelos sismogramas de sismos naturais.

Os estudos de sismologia procuram ainda prever a ocorrência sísmica²³, tentando interpretar os processos que levam à ruptura dos materiais rochosos e consequente geração de sismos. Tenta-se, assim, identificar as zonas de maior risco sísmico com o objectivo de, por exemplo, assegurar o desenvolvimento urbanístico mais seguro em caso de uma ocorrência sísmica.

3.1.2.3 - Conceito de Sismo

Segundo Dercourt e Paquet (1986), “chama-se sismo²⁴ (ou tremor de terra) a um abalo brutal do solo, provocado em profundidade, por um movimento brusco²⁵ de dois compartimentos profundos” (p. 103.). Daí resulta uma libertação instantânea de energia elástica acumulada lentamente. No final do sismo, a energia recomeça a acumular-se até uma próxima libertação brutal.

Muito frequentemente, as grandes rupturas das rochas da crosta são precedidas por pequenos abalos sísmicos ditos, por isso, premonitórios. As réplicas são os abalos

²² Embora não possa detectar o petróleo directamente, mas sim as estruturas mais favoráveis à sua acumulação (Griffiths, 1972).

²³ Sendo ainda uma área em fase de desenvolvimento. (Correia, 1991).

²⁴ Alguns autores reservam o termo terramoto para sismos cujo foco se localize na crosta continental, distinguindo-os assim de sismos com foco situado na crosta oceânica (maremotos)” (Freitas et al. 1996, p. 43) ou “tsunamis” (Machado, 1970, p. 116)

²⁵ De acordo com a análise efectuada aos manuais referidos, esta noção de movimentação brusca aparece em todos os manuais do décimo e sétimo ano aparecendo muitas vezes associada à referência da movimentação brusca, também a libertação súbita de energia sob a forma de ondas elásticas e de calor (Roque e Castro, 1996).

que sucedem ao abalo principal e podem ocorrer durante bastante tempo. Traduzem os movimentos de ajustamento das rochas às novas situações após a ruptura.

3.1.2.4 - Mecanismos Geradores de Sismos

Durante muito tempo a sismologia limitou-se apenas a relatar, classificar e cartografar tremores de terra. É no século XIX que têm lugar observações mais sistemáticas para os sismos então ocorridos.

Charles Darwin, aquando da sua viagem no Beagle, tendo sentido o sismo ocorrido na costa chilena em 19 de Novembro de 1822, pode constatar que este provocou um levantamento de terrenos de quase três metros de espessura. Em 1881, o geólogo Japonês Bugero Koto estudou a área afectada pelo sismo de 28 de Outubro desse ano no Japão, tendo constatado que aquela era atravessada por uma falha contínua. Tornava-se cada vez mais evidente que a principal origem dos sismos estava associada à existência de fracturação. Contudo, seriam ainda necessários muitos anos e muitos sismos para que a origem tectónica dos mesmos viesse a ser reconhecida.

O sismo de 1906 ocorrido em S. Francisco na Califórnia teve consequências desastrosas, mas possibilitou, em simultâneo, importantes observações. A deslocação na horizontal das linhas de caminho de ferro em mais de 6,5 m levou o sismólogo Reid (citado em Press e Siever, 1985; Gass *et al.*, 1984; James, 1989; Bolt, 1993) a propor a *teoria do ressalto elástico* cujo princípio básico se traduz no postulado de que há uma acumulação lenta de tensões elásticas até ocorrer a ruptura (**Figura 4**).

O controlo do movimento ao longo de falhas, tais como a de S. André, utilizando técnicas geodésicas, tornou-se assim particularmente esclarecedor no

contexto desta teoria, tendo sido posteriormente possível a elaboração de diagramas de acumulação de deformações.

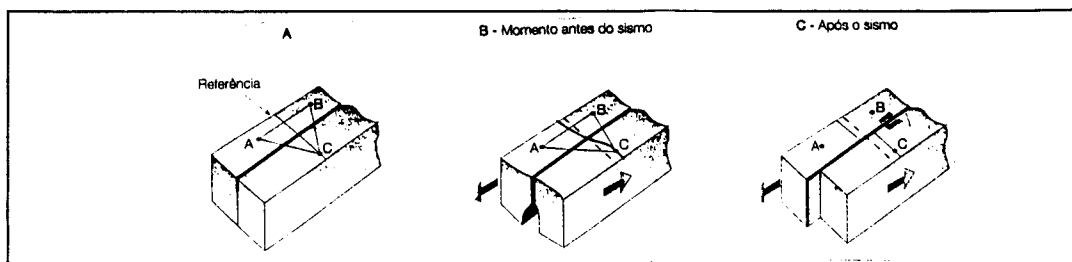


Figura 4 - Diagrama representativo da teoria do ressalto elástico (extraído de Gouveia, 1996, p.73).

Em termos genéricos, considera-se, de acordo com esta teoria, que se numa falha activa da crosta a superfície da mesma for suficientemente rugosa, o atrito entre os seus dois blocos impede o movimento. Em dado momento, a tensão tectónica pode ultrapassar o atrito e originar um movimento brusco e que irá desencadear um sismo tectónico. Os blocos de falha ressaltam e deslocam-se devido à actividade desta.

Pode acontecer que alguns segmentos deslizem de modo intermitente e que outros segmentos sejam estáveis. No decurso de um sismo a ruptura propaga-se à velocidade aproximada de cerca de 2 Km/s, até que as asperezas do plano de falha, consequência do atrito, obriguem a uma paragem.

Em resumo, a teoria do ressalto elástico permite, como referimos, compreender o mecanismo fundamental da geração de sismos tectónicos. As forças tectónicas exercidas em profundidade originam um deslocamento progressivo das camadas rochosas em sentido contrário à falha, provocando uma deformação das rochas próximas da mesma. O aumento da deformação provoca um aumento da energia potencial elástica e, quando é ultrapassado o limite de resistência à deformação, os blocos rochosos dos dois lados da falha ressaltam elasticamente. Sucede-se a

propagação da energia subitamente libertada, sob a forma de calor e de ondas elásticas. É nesse momento que ocorre o sismo.

3.1.2.5 - Ondas Sísmicas- Modo de Propagação

Os materiais que apresentam comportamento elástico podem apresentar deformação em volume, deformação por cisalhamento e deformação por torção.

As ondas sísmicas resultam de deformações elásticas que se propagam no interior da Terra com maior ou menor velocidade, que dependem da rigidez e da resistência dos materiais que atravessam.

As vibrações produzidas no foco propagam-se através da Terra. Cada partícula desloca-se ligeiramente, oscilando em torno da sua posição de equilíbrio. Em compensação, o movimento e a energia associada transmitem-se muito rapidamente de uma partícula a outra, cobrindo distâncias muito grandes. As vibrações das partículas são rápidas e estão associadas apenas a uma pequena produção de calor. Por outro lado atravessam a Terra a uma velocidade determinável. Assim, pouco tempo depois do desencadeamento de um sismo, nota-se à volta do seu foco uma superfície, dita “frente de onda”, que separa as partículas que já entraram em vibração das que não foram ainda atingidas, por ela.

Os físicos demostram-nos que um sólido isotrópico é percorrido por duas famílias de deformações elásticas, propagando-se a velocidades diferentes:

- as ondas longitudinais ou ondas P em que cada partícula vibra na mesma direcção de propagação da onda, transmitindo-se o movimento às partículas vizinhas;

- em simultâneo, as ondas transversais, ou ondas S fazem vibrar as partículas numa direcção perpendicular à direcção de propagação. Estas ondas são também designadas por ondas de cisalhamento.

Na parte superficial do globo, as ondas progridem de maneira mais complexa. Aí, as vibrações sofridas pelas partículas resultam de um movimento circular em torno do seu ponto de equilíbrio e, em simultâneo, de um movimento de torção: são as chamadas ondas superficiais.

Assim, verifica-se que a libertação de energia no foco sísmico produz diferentes tipos de ondas (**Figura 5**) identificadas pela primeira vez em Inglaterra em 1897, por Oldham (citado em Bolt, 1978), a saber:

a) *ondas superficiais* – aquelas cuja deslocação se processa à superfície da Terra. A sua velocidade é sempre constante pelo que se presume que a densidade dos materiais que atravessam seja homogénea.

Existem dois tipos de ondas superficiais que se propagam, contudo, com movimentos diferentes:

-as *ondas Love* (L)²⁶, também chamadas de torção (Brandão, 1991), com movimento de cisalhamento tangencial e ondulatório perpendicular ao sentido de propagação da onda. Estas ondas envolvem, assim, deslocações laterais, na horizontal das partículas constituintes dos solos e das rochas.

-as *ondas de Rayleigh* (R) que correspondem ao movimento ondulante deslocando-se como as ondas do mar. À sua passagem provocam, nas partículas constituintes dos materiais, movimentos de rotação elípticos num plano vertical àquele em que se encontra a direcção de propagação da onda.

²⁶ descritas pela primeira vez pelo matemático A.E.H. Love em 1912 (Bolt, 1993, p. 37).

b) *ondas de “corpo”* (Willie, 1976; Bolt, 1980) ou *de volume* assim chamadas por formarem “frentes de onda esféricas” através das rochas circundantes (Anguita, 1994, p. 3). Estas ondas deslocam-se no interior da Terra e podem considerar-se de dois tipos:

- *ondas Primárias, longitudinais, P ou de “choque”* (Read, 1976, p. 111), semelhantes, em comportamento, às ondas sonoras (Bolt, 1993, p.26), são as primeiras a serem registadas num sismograma e provocam nas partículas um movimento com a mesma direcção de propagação da onda. A sua passagem através da matéria provoca alternadamente compressão e dilatação. A acção da força compressiva transmitindo-se a todas as partículas segundo a direcção da força de compressão, implica uma aproximação das partículas que se encontram imediatamente à frente da onda compressiva (compressão) e um consequente afastamento das mesmas imediatamente atrás da frente de onda (dilatação). A sua velocidade depende da rigidez e da maior ou menor compressibilidade dos materiais.

- *ondas secundárias, transversais, S ou de cisalhamento*. Estas ondas são semelhantes, em comportamento, às ondas electromagnéticas, e provocam uma vibração das partículas numa direcção perpendicular à direcção de propagação da onda. Propagam-se com menor velocidade que as ondas P. A sua velocidade depende da rigidez do meio e da resistência deste às tensões de cisalhamento.

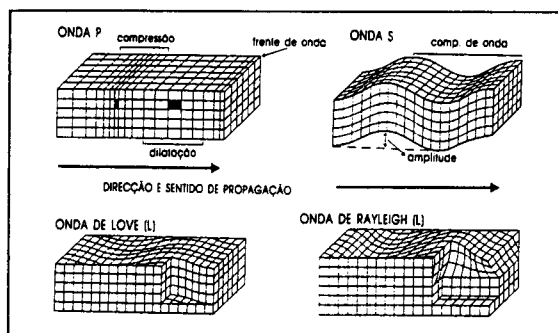


Figura 5 – comportamento das partículas à passagem das diferentes ondas sísmicas (extraído de Brandão, 1991, p.53)

A velocidade das ondas de corpo (P e S) varia, como dissemos, de acordo com as propriedades físicas das rochas, incluindo a sua massa volúmica e rigidez. Assim o estudo da variação da velocidade das ondas sísmicas no interior da Terra permite determinar ou estimar o estado físico do seu interior e assim, inferir a sua constituição.

As ondas P transmitem-se em qualquer material (líquido, sólido ou gasoso), embora a sua velocidade e propagação seja diferente conforme o meio em que se deslocam (QUADRO 4). Por outro lado, as ondas S só se propagam em meios sólidos.

QUADRO 4 - *Velocidade das ondas elásticas em diversos meios em (m/s.) (extraído e adaptado de Parasnis, 1970)*

Meio	Ondas longitudinais m/s	Ondas transversais m/s
Ar	330	-
Areia	300-800	100-500
Água	1450	-
Moreias glaciares	1500-2700	900-1300
Calcários e dolomias	3500-6500	1800-3800
Sal gema	4000-5000	2000-3000
Granitos e outras rochas intrusivas	4600-7000	2500-4000

Para se dar a propagação das ondas S, o material tem de ter a capacidade de se deformar e voltar ao estado inicial, o que não acontece nos líquidos ou gases. Estes não apresentam rigidez suficiente para permitir que voltem à forma que tinham antes de se ter dado a deformação; assim não admitem tensões de cisalhamento.

As ondas sísmicas, quando se propagam em rochas com propriedades uniformes, fazem-no em linha recta e a uma velocidade constante. Por outro lado, a sua velocidade aumenta, normalmente, com a profundidade. Estes dados permitem-nos

tirar algumas conclusões sobre as características do interior da Terra, nomeadamente a sua estrutura e composição.

3.1.2.6 - Detecção de Sismos

As primeiras observações empíricas de que há registo devem-se a Chang Heng²⁷ que, por volta do ano 132, construiu aquilo que se pode designar como o primeiro “sismoscópio” (Bolt, 1993, p. 44) **figura 6**



Figura 6 - “sismoscópio” de Chang Heng . Este instrumento de tamanho considerável, com cerca de dois metros de diâmetro construído em bronze, não chegou aos nossos dias, mas é conhecido a partir de documentos da época. Qualquer abalo accionava o pêndulo central, que provocava a abertura da boca do dragão, da qual era largada uma esfera metálica que caía na boca de um dos oito sapos, assinalando dessa maneira. a direcção de propagação do sismo.

Contudo, o registo sísmico só seria possível nos finais do século XIX. As primeiras ideias sobre este assunto foram lançadas em 1883 por Jonh Milne²⁸, através da seguinte afirmação: “tendo em conta a energia que actua num grande tremor de terra, não seria de espantar que as vibrações que ele emite pudessem ser detectadas em qualquer ponto do globo” (citado em Gouveia et al., 1996, p. 82).

Os estudos nesta matéria, e de acordo com a ideia enunciada, haveriam de prosseguir com E. von Rebeur Paschwitz, investigador alemão, que construiu e

²⁷ Para uma descrição mais detalhada de história da instrumentação em sismologia ver James (1989 pp. 1034-1044)

²⁸ Embora os primeiros registos possam ser considerados anteriores, nomeadamente As medições de Nicholas Cirillo em 1731 e Luigi Palmieri tendo este construído o seu “simografo electro-magnético” em 1856 (Bolt, 1993, p. 45).

observou pêndulos capazes de detectar movimentos de terrenos na horizontal. Conseguiu em 17 de Abril de 1889 o primeiro registo de um sismo (**Figura 7**).

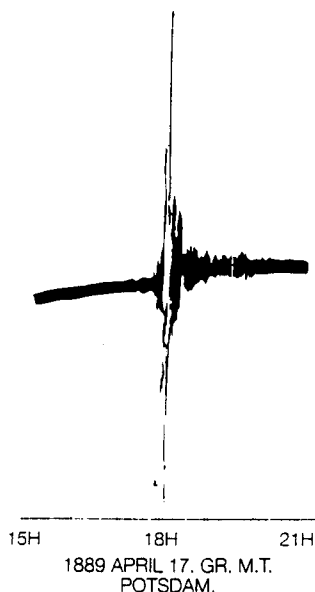


Figura 7 – Primeiro sismograma, obtido em Potsdam, Alemanha em 17 de Abril de 1889 (extraído de Gouveia, 1996, p.82).

Encontrando-se em Potsdam, Paschwitz conseguiu relacionar a oscilação dos seus pêndulos com um movimento que tinha ocorrido no Japão (Bolt, 1982). Estava descoberto o sismograma.

Na sequência destes resultados, outros sismólogos realizaram procedimentos semelhantes relativos a outros abalos, apercebendo-se, pouco a pouco, de diferentes tipos de ondas.

Seguiu-se então um período em que foram sendo desenvolvidos e aperfeiçoados aparelhos registadores de sismos: os sismógrafos, cujo princípio básico de funcionamento se procura ilustrar na **Figura 8**, e cujo modo de registo sísmico se descreve, de modo abreviado.

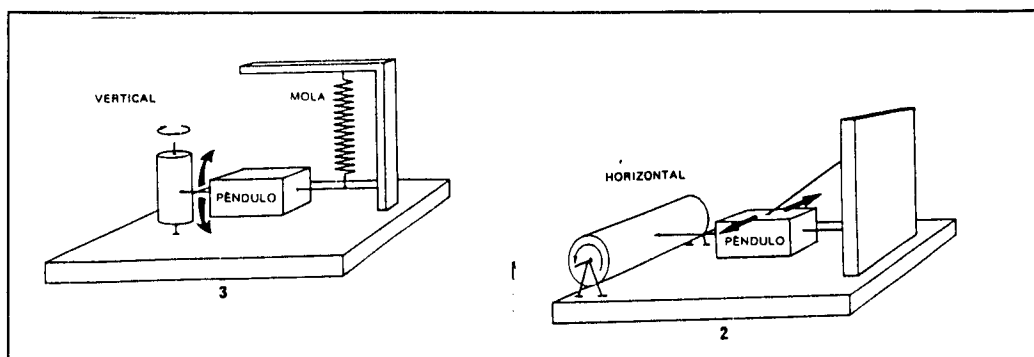


Figura 8 - esquema do funcionamento de sismógrafos verticais e horizontais (extraído de Dercourt e Paquet, 1986, p. 106)

Uma vibração no solo produzirá no pêndulo do sismógrafo um desequilíbrio que regressará à posição inicial após várias oscilações. Se o pêndulo for solidário com o estilete, é possível registar sobre o papel as oscilações.

O princípio de funcionamento do sismógrafo, baseado na oscilação de uma pesada massa (pêndulo), de grande inércia e ligada a uma base assente no solo, permite, assim, registar, de modo gráfico, o movimento das partículas resultantes da movimentação sísmica.

Os sucessivos aperfeiçoamentos técnicos têm sido orientados para a tentativa de resolver um problema importante - o do amortecimento do movimento oscilatório do pêndulo dos sismógrafos.

A amplificação dos movimentos do solo é da ordem de 10 000x para as oscilações de grande período (20s) e de 400 000x para as oscilações de curto período (0,2 s) nos bons aparelhos correntes²⁹. Dercourt e Paquet (1996) e Machado (1970), assinalam que o amortecimento pode ser obtido pela resistência oferecida por um fluido (ar, óleo, etc.) ou por métodos electromagnéticos. Neste último caso, parece haver maior proporcionalidade entre o amortecimento a velocidade de deslocação.

²⁹ Rothé (1978) considera que a amplificação desses movimentos é ainda superior. Sismógrafos de amplificação electrónica aumentam um milhão de vezes o movimento do solo (p. 9).

O registo completo dos movimentos do solo, torna necessário a existência de três sismógrafos, tendo em conta o comportamento apresentado pelos diversos tipos de ondas. Assim, um dos sismógrafos efectua o registo dos movimentos verticais, enquanto que os outros dois registam os movimentos horizontais (**Figura 8**) segundo a direcção Norte-Sul e Este-Oeste.

Actualmente, em muitos sismógrafos, utiliza-se um espelho que oscila em frente do cilindro rotativo. Uma lâmpada produz um feixe luminoso que vai incidir no espelho. A luz reflectida, penetrando numa ranhura do cilindro, impressiona papel fotográfico.

Nos sismógrafos, a marcação dos tempos para conhecimento exacto do momento de chegada das várias fases do movimento sísmico é feita de modo contínuo sobre o cilindro.

Os sismógrafos mais recentes são instrumentos electrónicos que detectam, ampliam, filtram e registam os movimentos da Terra. Encontram-se em funcionamento permanentemente, registando, na ausência de sismo, uma linha direita ou com leves oscilações no caso de o sismógrafo ser afectado por vibrações causadas por fortes ventanias, ondulações marinhas violentas, pela passagem de transportes pesados ou outros fenómenos relacionados com a actividade humana.

O registo obtido sobre o negro-de-fumo ou em papel fotográfico revelado ou por qualquer outro processo é chamado sismograma (**Figura 9**).

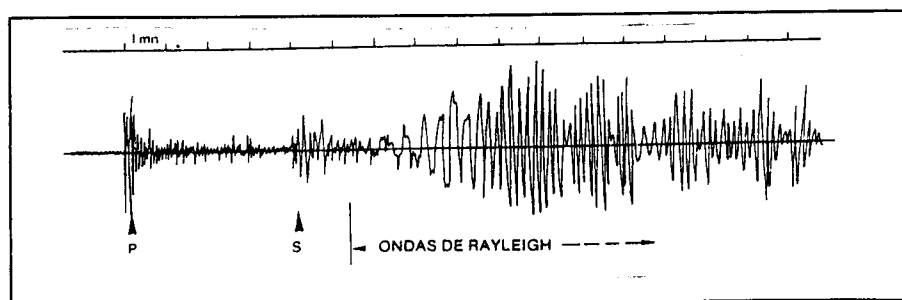


Figura 9 - Sismograma representando as diferentes *fases* do sismo (extraído de Dercourt e Paquet, 1986, p. 107).

A análise do sismograma consiste em reconhecer e ler no registo o momento da chegada das séries de ondas particularmente características chamadas “*fases*” (Rothé, 1978, p. 14). Como se compreende, o aspecto dos registos varia de um sismo para outro e modifica-se também no mesmo sismo conforme a distância. Assim, num sismograma podem registar-se *três fases principais*:

1ª- a série de ondas que chega primeiro –ondas P - é fácil de distinguir, particularmente nos sismogramas fornecidos pelos aparelhos de componente vertical: o primeiro movimento é de cima para baixo ou de baixo para cima, conforme o mecanismo de geração do sismo na sua origem.

2ª - alguns minutos mais tarde, dez por exemplo, se a estação está a 9000 km do epicentro, aparecem, sem que tenham cessado completamente a série da primeira fase, séries de ondas cuja amplitude, principalmente nos aparelhos horizontais, se torna bruscamente maior: são as ondas S.

3ª- ainda mais tarde registam-se ondas de período longo que constituem a *fase principal* do sismo: é nesta fase que se produzem as maiores amplitudes. Começam por ondas de grande período, de vibração horizontal ao plano que contém o raio sísmico: são as ondas de Love; depois manifestam-se as ondas de período mais curto; finalmente aparecem as ondas que conferem às partículas movimento vertical são as ondas de Rayleigh.

3.1.2.7- Intensidade e Magnitude

A avaliação de um sismo pode efectuar-se de modos distintos conforme a base de dados utilizada.



Habitualmente a comunicação social relata a ocorrência de sismos violentos em relação aos quais são feitos inquéritos e entrevistas às populações por especialistas, no sentido de efectuar uma avaliação da *intensidade* do sismo. Procede-se à avaliação dos estragos: edifícios destruídos ou danificados, pontes, estradas e outras obras humanas atingidas, fendas e deformações no solo e comportamento das linhas de água, etc.

Outras vezes recorre-se a outros métodos mais rigorosos na forma como se pode avaliar uma ocorrência sísmica: determina-se a sua magnitude.

-Intensidade

A intensidade de um sismo, que se pode traduzir pelo seu grau de destruição e o número de vítimas registadas, depende não só da energia libertada como também de circunstâncias fortuitas como a constituição geológica dos terrenos por onde as ondas sísmicas se propagam.

Todos estes dados possibilitam uma avaliação da intensidade sísmica em cada local por comparação com uma escala de intensidades utilizada na determinação desse parâmetro.

As primeiras escalas que datam do século XVIII, eram rudimentares e classificavam os sismos em *moderados*, *fortes* e *muito fortes*. No fim do século XIX foi introduzida a escala de Rossi Forel (escala D.R.F. –1883) com 10 graus e a de Mercalli (MEI –1883) com 6 graus. A partir daí desenvolveram-se outras mais pormenorizadas, já com 12 graus como a de Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS –1917), revista por Wood e Newman e por Richter que deu origem às escalas de Mercalli Modificada (MM) versão de 1931 e 1956.

A escala actualmente utilizada com maior frequência é a escala internacional que resultou da modificação da de 1956 (Figura 10).

Intensidade	Índice qualitativo	Descrição dos efeitos
I	Negligível	Detectado só pelos instrumentos.
II	Fraco	Sensível para certas pessoas. Os objectos suspensos oscilam.
III	Ligeiro	Vibração semelhante à de um camião. Carros parados deslocam-se.
IV	Moderado	Sentido no interior das casas, algumas pessoas acordam, sensação igual à de um camião contra um edifício, vibração de pratos e janelas.
V	Ligeiramente forte	Sentido pela maioria das pessoas; muitos acordam, o estuque cai, pratos e janelas partem, relógios de pêndulo podem parar.
VI	Forte	Sentido por todos; muitos assustam-se; chaminés caem, a mobília desloca-se.
VII	Muito forte	Alarme, muitas pessoas fogem, edifícios de estruturas fracas são danificados. Sentido nos carros em movimento.
VIII	Destruidor	Alarme geral, toda a gente foge, estruturas frágeis fortemente atingidas; ligeiras alterações nas estruturas principais; queda de monumentos. Mobília pesada virada.
IX	Ruinoso	Pânico. Destruição total das estruturas frágeis. Danos importantes nas grandes construções. Fundações afectadas. Canalizações estoiradas. Fissuras no terreno.
X	Desastroso	Pânico. Só os melhores edifícios se mantêm. Fundações arruinadas. Os carris dobram. O chão é fortemente afectado. Grandes deslizamentos.
XI	Muito desastroso	Pânico. Poucas estruturas resistem. Largas fendas no terreno.
XII	Catastrófico	Grande pânico. Destruição total. Terreno ondula. Objectos voam.

Figura 10 - Escala de intensidade sísmica (extraído e adaptado de Willie, 1976, p. 57).

-Magnitude

A magnitude de um sismo permite estimar, de outra maneira, sua grandeza. A magnitude está relacionada com a energia libertada no foco³⁰. Considera-se que apenas 20 a 30% da energia sísmica se propaga sob a forma de ondas; a restante é dissipada sob a forma de calor.

A magnitude sendo única, para cada sismo, relaciona-se com a quantidade de energia libertada no foco sísmico e calcula-se empiricamente através “logaritmo da

amplitude máxima medida em microns no registo obtido a uma distância epicentral de 100 km, registado por um sismógrafo padrão³¹ tendo em conta que o aparelho não está senão raramente a 100 Km do epicentro” (Dercourt e Paquet, 1986, p.106). Esse cálculo é efectuado através da seguinte fórmula:

$$M_b = \log A/T + f(\Delta) \quad \text{em que:}$$

- A= amplitude (em microns);
- T= período (em segundos);
- $f(\Delta)$ = termo empírico compensando o amortecimento do sinal sísmico em função da distância Δ em graus (por exemplo)

No entanto existe um método prático e acessível que se baseia na interpretação dos sismogramas e nos tempos de registo sísmico. Foi, determinando a amplitude das ondas que é proporcional à magnitude, à distância entre o sismógrafo registador e à região focal, que Charles Richter (**Figura 11**) propôs, em 1935, a utilização de um método gráfico simples para obtenção da magnitude sísmica³² (**Figura 12**)



figura 11 - Charles Richter (1900-1985) (extraído de Bolt, 1993, p. 80)

³⁰ mas não directamente. Esta relação é apenas empírica em que $\log E = 11,8 + 1,5M$ em que E =energia em ergs e M a magnitude dado que “a sua validade depende, em grande medida da frequência da ondas sísmicas que foram medidas” (Bolt, 1980, p. 4).

³¹ ou de tipo Wood-Anderson (Bolt, 1993, p. 57).

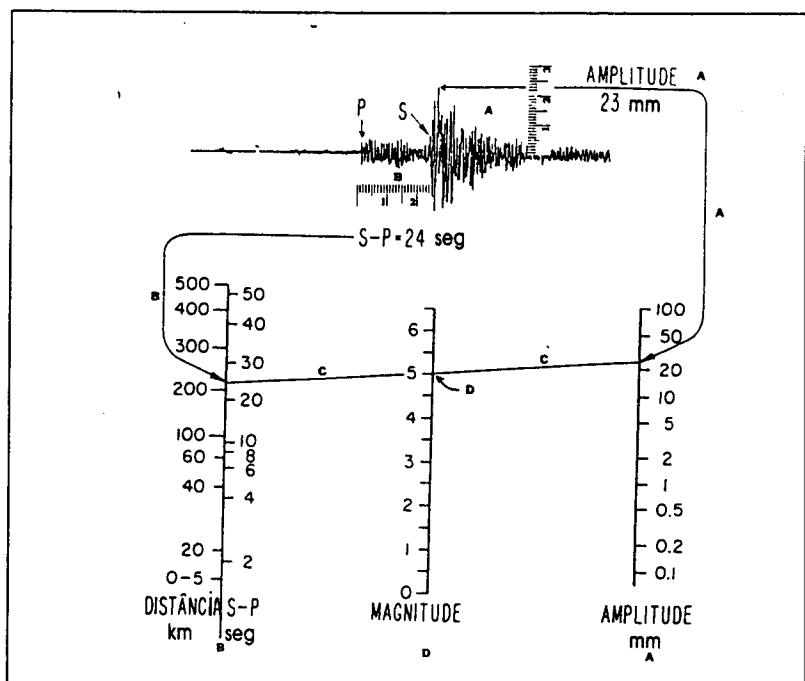


Figura 12 - Método gráfico de Richter para a determinação da magnitude (extraído de Brandão, 1991, p.53)

Para determinação da magnitude de um sismo pelo método gráfico, torna-se necessário estimar, por um lado, a distância epicentral que pode determinar-se a partir da diferença de tempos de chegada das ondas S e P e, por outro, o valor da amplitude dos maiores picos registados no sismograma.

A avaliação da magnitude utiliza também uma escala, a escala de magnitude de Richter de nove termos. Cada divisão corresponde a 10 vezes a amplitude anterior (Wyllie, 1976) de modo a que um sismo com magnitude 2 tem 10 vezes maior amplitude de vibração que com magnitude 1 e um com magnitude 8 apresenta 1 milhão de vezes amplitude de vibração de um com a magnitude 2. Com este método sismólogos podem estudar os seus registos sísmicos e em alguns minutos determinar o mesmo valor aproximado para a magnitude de um sismo em várias partes do planeta (Press e Siever, 1985).

³² utilizando uma medida análoga à que Kilo Wadatti usou no Japão (Bolt, 1993, p. 57). Este método foi aplicado, inicialmente, a sismos locais tendo-se rapidamente expandido a sismos ocorridos através de todo o planeta.

3.1.2.8 - Causas dos Sismos

Um sismo representa uma série de fenómenos cujos mecanismos são diversos e ocorrem naturalmente, salvo em alguns casos que são provocados pelo Homem, com fins militares e científicos. De um modo geral, a maior parte dos sismos tem origem tectónica ou vulcânica. Neste caso, diz-se que um sismo é vulcânico quando ocorre em conjugação com a actividade vulcânica. Bolt (1980) considera, no entanto, que o mecanismo destes sismos é tectónico também. Deste modo é uma opinião muito comum, que a ocorrência sísmica³³ depende sempre da actividade vulcânica. Contudo existem outras motivos para a ocorrências de sismos entre os quais:

- a) movimentos de massas magmáticas relacionados com fenómenos de vulcanismo;
- b) abatimentos em grutas e cavernas;
- c) desprendimentos de massas rochosas nas encostas das montanhas;
- d) enrugamento de camadas (Machado, 1970, p.23).

Outras causas mais invulgaes podem ainda ser apontadas, tais como a entrada de meteoros na atmosfera terrestre com foi o caso do meteorito de Tunguska (Bolt, 1993, p. 71). Alguns destes mecanismos encontram-se referidos na (**Figura 13**)

MECANISMOS DE GERAÇÃO	TIPOS DE SISMOS	
	NATURAIS	ARTIFICIAIS
Ruptura em falha activa	<ul style="list-style-type: none"> • Tectónicos (os mais frequentes) • Vulcânicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Induzidos (injecção de fluidos em furos; armazenamento de água em barragens)
Explosão	<ul style="list-style-type: none"> • Vulcânicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosões em minas e pedreiras • Explosões nucleares
Colapso	<ul style="list-style-type: none"> • Desabamentos de cavernas • Escorregamentos de terreno • Mudanças de fase (modificação de volume das rochas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Desabamentos em minas

Figura 13- Tipos de sismos e mecanismos de geração (extraído de Oliveira et al. , 1996, p. 61)

O Homem tem também causado, muitas vezes inadvertidamente, sismos através da intervenção nos processos geológicos. Gass, *et al.* (1984) assinalam a influência de factores antropogénicos no aumento da actividade sísmica que se segue a ensaios nucleares , ao represamento de água em grandes barragens e à injeção de fluidos em furos profundos. Podem, a título exemplificativo, citar-se os casos do enchimento de reservatórios de barragens como o da Barragem Hoover do lago Mead, no Arizona, em que foram registados, mais de 600 tremores de terra locais, o de Kariba na Rodésia e o de Monteynard, nos Alpes (*ibidem*).

3.1.2.9 - Os sismos em Portugal : contexto em que se verificam

Cerca de 95% da energia libertada pelos sismos ocorre ao longo de um número relativamente limitado de zonas em torno do globo. A **Figura 14** procura mostrar essa distribuição.

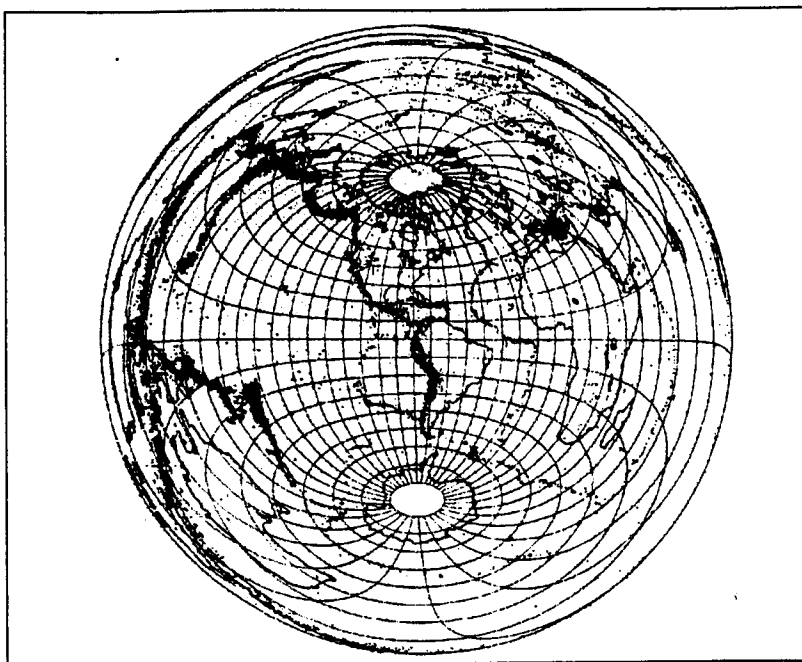


Figura 14 - distribuição global da sismicidade. Epicentros de sismos com magnitude 4,5 ou superior (extraído e adaptado de Bolt, 1978, p. 6).

Os sismos estão longe de se encontrarem distribuídos uniformemente pela superfície do globo. “No conjunto, são mais frequentes nas zonas de vulcanismo intenso mas no pormenor observam-se divergências. Por exemplo, são mais frequentes nas vertentes abruptas no exterior dos arcos insulares (Sonda, Antilhas), enquanto que “os vulcões que se alinham mais no interior; coincidem, muitas vezes, com as anomalias de compensação isostática; são, como estas últimas e como os vulcões, um dos sinais da instabilidade da crosta terrestre”. (Cailleux, 1952, p.90)

Os limites de placas representam as regiões do globo com maior incidência sísmica (**Figura 15**). Podem destacar-se como principais zonas sísmicas:

Zona circum-pacífica- o chamado “anel de fogo do pacífico” onde se registam 80% do sismos ocorridos na Terra. Este anel é constituído por cadeias montanhosas da parte ocidental do Continente Americano do cabo de Horn até ao Alasca, cruza para a Ásia estendendo-se para o Japão, Filipinas, Nova Guiné e ilhas Fidji até à Nova Zelândia.

Cintura mediterrânico-asiática – estende-se de Gibraltar até ao Sudoeste Asiático, onde ocorrem cerca de 15% dos sismos.

Zona correspondentes às grandes cristas oceânicas – formam uma faixa contínua que se estende por milhares de quilómetros.

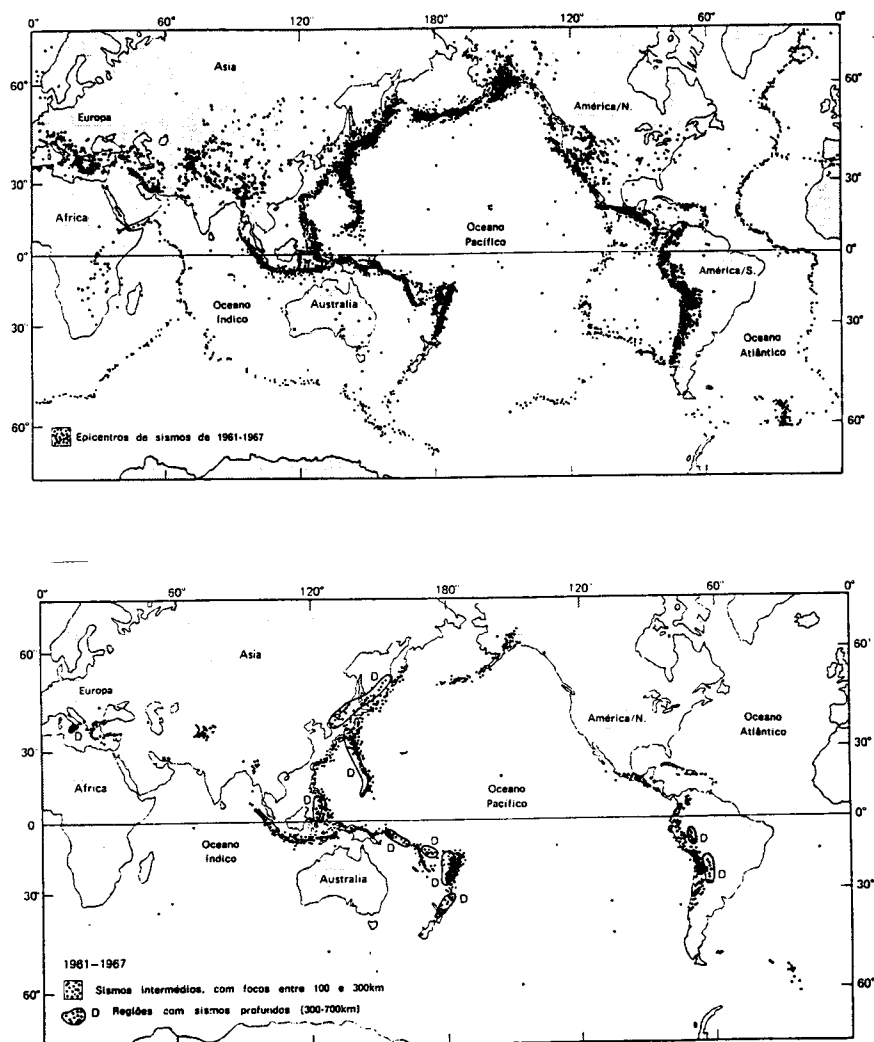


Figura 15 – Distribuição de todos os epicentros entre 1961 e 1967 (em cima) e focos profundos e intermédios no mesmo período (em baixo) registados pelo U.S. Coast and Geodetic Survey (extraído e adaptado de Willie, 1976, pp. 66.-67).

Portugal está localizado numa zona relativamente instável, sendo um país de risco sísmico que pode considerar-se moderado (**Figura 16**).

A sismicidade em Portugal Continental relaciona-se com a existência de um sistemas de falhas activas distribuídas na zona Continental e Oceânica. Uma das zonas de maior instabilidade é o banco de Gorringe, a sudoeste do cabo de S. Vicente. Nesta zona, verifica-se uma zona de fractura onde se dá a colisão entre duas placas litosféricas, a placa Euro-Asiática e a placa Africana.

A falha do vale do Tejo é também uma zona de grande actividade, onde têm ocorrido sismos

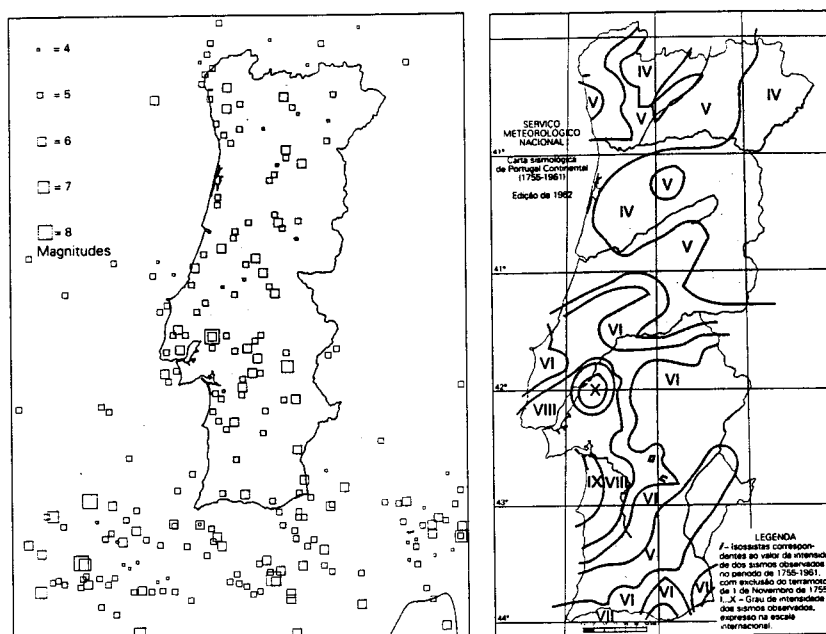


Figura 16 - Mapa de sismos ocorridos entre 1900 e 1990 em Portugal (esquerda) e carta sismológica de Portugal Continental (direita) (extraído de Roque e Castro, 1996, p. 77).

Contudo, a zona de maior risco sísmico em Portugal corresponde ao SW do território continental, abrangendo também os Açores, excepto as ilhas das Flores e do Corvo. Pode considerar-se ainda uma zona de menor risco, a que circunda a anterior e inclui as ilhas da Madeira, Porto Santo, Flores e Corvo.

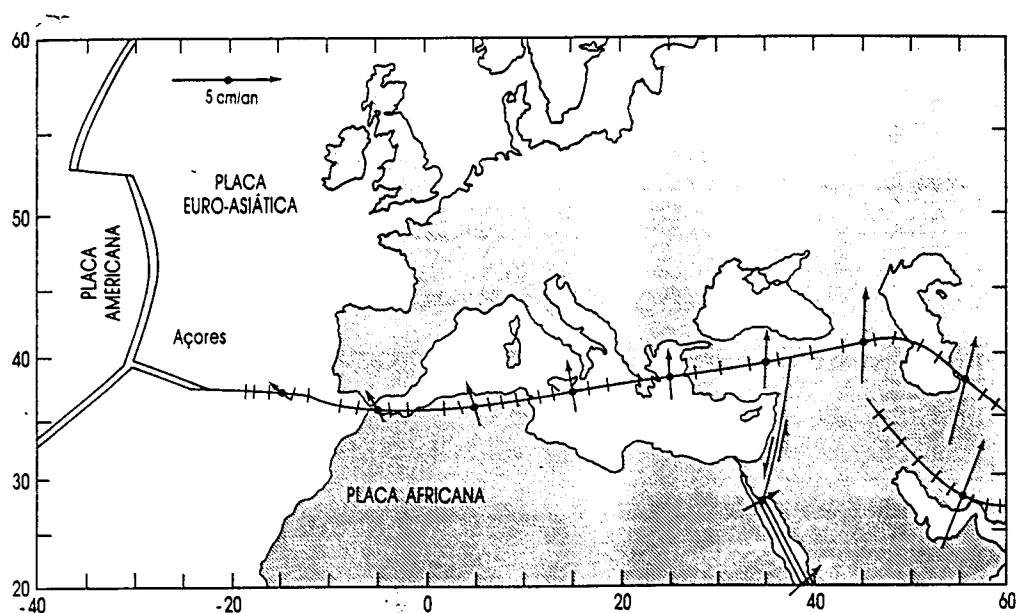


Figura 17 - Enquadramento geotectónico dos Açores (extraído de Brandão, 1991, p. 53)

O arquipélago açoriano apresenta uma enorme actividade sísmica. Localiza-se num ramo lateral da crista da cadeia atlântica que é uma zona de rifte. Este ramo prolonga-se para leste pela falha Açores-Gibraltar cujos blocos deslizam ao ritmo médio de 1 cm/ano. A actividade sísmica sentida relaciona-se assim, para além do sistema de falhas associadas ao rifte, com “a movimentação na cintura de compressão Alpino-Himalaica, que se estende dos Açores para leste, através de Gibraltar e do Mediterrâneo” (Brandão, 1991, p. 57) (**Figura 17**).

Capítulo IV

**MODELOS PEDAGÓGICO-DIDÁCTICOS DE ORIENTAÇÃO
CONSTRUTIVISTA**

4.1 - O PAPEL DO PROFESSOR NA DIDÁCTICA CONSTRUTIVISTA

Tendo em conta o principal objectivo deste trabalho, considerou-se a necessidade de consagrar um capítulo que se referisse aos modelos didácticos de raiz construtivista que têm sido apresentados por diversos autores nos últimos anos em resultado de investigações recentes no domínio da Didáctica das Ciências.

Este capítulo contempla , numa primeira parte, uma referência à posição do professor face à abordagem construtivista. Nele se assinalam alguns pressupostos da sua actuação perante a didáctica construtivista. Na segunda secção, indicam-se alguns modelos didácticos, referindo-nos, por último, ao modelo escolhido para o estudo.

Entendemos que a utilização de qualquer modelo pedagógico pressupõe uma condição inicial básica: o antecedente teórico da metodologia que o professor vai adoptar e com a qual se terá de *identificar*.

Começando por referir-nos à posição do professor perante a aprendizagem escolar, servimo-nos do estudo de Mauri (1994) que identifica algumas formas como o professor encara a aprendizagem:

- a aprendizagem escolar consiste em *conhecer as respostas correctas* às perguntas formuladas pelo professor. Nesta *perspectiva comportamentalista*, o ensino deve *facilitar o reforço* que o aluno precisa para dar a resposta correcta;

- a aprendizagem escolar consiste em *adquirir conhecimentos* relevantes para uma cultura. Neste caso, o ensino procura *dar ao aluno a informação* de que necessita;

- a aprendizagem escolar consiste em *construir conhecimentos*. Os alunos são quem os elabora, mediante uma actividade pessoal, e utilizando os seus conhecimentos prévios. Esta posição do ensino em geral e do professor em particular deve consistir em *prestar ao aluno a ajuda* que necessita para que os vá construindo.

A interpretação das perspectivas referidas sugere-nos que o professor, ao assumir uma posição construtivista face ao ensino/aprendizagem, se situará na terceira perspectiva na medida em que o essencial da sua actuação consistirá numa orientação dos alunos para a construção das suas aprendizagens.

Entendemos também que o professor deve assumir-se como um orientador, um “guia” de aprendizagem, na posição de alguém que está atento às dificuldades apresentadas pelos alunos, que conhece os seus obstáculos epistemológicos à aprendizagem, que sabe a informação que deve mobilizar para ajudar o aluno a avançar no processo de construção do seu conhecimento.

Osborne e Freyberg (1991b) consideram ainda que os professores, ao adoptarem uma posição construtivista, devem ter um papel de agente motivador, de diagnóstico, de guia, de inovador, de experimentador (avaliador) e até mesmo de investigador:

-com uma atitude que fomenta a motivação, o professor deve procurar tornar, tanto quanto possível, mais interessante a actividade que vai desenvolver com os seus alunos para que “a atenção se centre naquilo que é mais relevante”;

-com uma atitude de diagnóstico, identifica os pontos de vista dos seus alunos antes de decidir como empreender a tarefa de modificá-los no sentido de os aproximar de outros mais aceitáveis cientificamente;

- *com uma atitude de guia* , ajuda os alunos a desenvolver estratégias para processar melhor a informação e “vejam” para onde se estão a dirigir;

- *com uma atitude inovadora* , o professor deverá proporcionar aos seus alunos uma diversidade de material que lhes possibilite uma melhor aquisição de conhecimento;

- *com uma atitude avaliativa*, o professor terá a possibilidade de avaliar os progressos dos seus alunos;

- *com uma atitude investigativa*, o professor proporciona a troca de experiências contribuindo para que o seu nível de profissionalismo cresça.

Em resumo, o professor, perante a abordagem construtivista, assume-se essencialmente como um *mediador de aprendizagens* que não se substitui ao papel do aluno no acto de aprender, mas que, de modo empático, pode constituir-se como um identificador de lacunas e obstáculos de aprendizagem. Tal posição exige da parte do professor uma nova maneira de encarar todo o processo educativo: as relações na sala de aula, os conteúdos, os objectivos e, fundamentalmente, as estratégias e as metodologias. É relativamente aos modelos didácticos e estratégias construtivistas que em seguida nos referimos.

4.2.MODELOS DIDÁCTICOS E ESTRATÉGIAS DE RAIZ CONSTRUTIVISTA

Durante os últimos anos, têm sido propostos vários modelos pedagógicos de raiz construtivista, destinados a promover a mudança conceptual (Santos , 1991d; Cosgrove e Osborne 1991b; García e García ,1993; Freitas, 1995a, 1995b; Porlán

1993a, 1993b; Carretero, 1993; Bastida et al., 1994; Cubero, 1993; Marques, 1994, 1995, 1997; Marques e Thompson, 1997; Banet e Núñez, 1996, 1997).

A apreciação dos modelos referidos permite-nos considerar algumas *variantes*, enquanto modelos de raiz construtivista promotores da mudança conceptual.

Pozo e Crespo (1997) consideram que, a partir dos estádios piagetianos, o currículo e os modos de actuação didáctica são estruturados segundo as linhas e etapas de desenvolvimento cognitivo. Pretende-se que haja numa adequação das estratégias ao nível de desenvolvimento mental do aluno. Esta perspectiva de natureza piagetiana pressupõe uma sequenciação rígida dos conteúdos, em articulação com os estádios de desenvolvimento psicológico do aluno. De modo geral esta abordagem esteve em grande evidência durante a Reforma no Ensino das Ciências dos anos 60/70, sendo habitualmente designada por “*construtivismo aparente*” na medida em que, como referimos, este modo de acção didáctica associa, por um lado, uma actuação própria do construtivismo, ao admitir que a aquisição de conhecimento é algo que se constrói mas, por outro, fá-lo em associação com uma epistemologia empirista que pressupõe a objectividade e o rigor metodológicos numa sequenciação rígida de etapas.

Enquadrado nesta corrente, Renner (1982, citado em Cosgrove e Osborne, 1991b) propõe um modelo de trabalho que contempla algumas etapas de desenvolvimento. Essas etapas (**Anexo 2**) traduzem a convicção de que a aprendizagem dos alunos decorre do desenvolvimento de experiências apropriadas e da apresentação da terminologia no momento adequado. A consolidação dessas aprendizagens ocorre por um processo de treino que implica processos de “informação, prática e confirmação” de conhecimentos (ibidem).

Cosgrove e Osborne (1991 b) criticam este modelo porque, em sua opinião, não contempla actividades “vitais” como, por exemplo, originar experiências que seriam posteriormente elaboradas e interpretadas pelos alunos. Isto é, as experiências são propostas pelo professor e não pelos alunos que assim se limitam a proceder, de modo acrítico, à sua execução.

Ainda influenciado pelas ideias de Piaget, também Karplus (citado em Cosgrove e Osborne, 1991 b), e à semelhança de Renner, se preocupa com o desenvolvimento mental do aluno e dele faz depender a aprendizagem como factor mais decisivo. É dessa determinação que vai depender a actuação didáctica do professor. Para Karplus, a aprendizagem deveria ser um *processo de autoregulação* no qual aquele que aprende vai formando novos modelos de raciocínio que, por sua vez, resultam da reflexão quando interage com os fenómenos ou com as ideias de outros. O modelo de Karplus prevê, no essencial, três fases (**Anexo 2**). A primeira contempla a exploração de dados pelos alunos com um mínimo de orientação por parte do professor. Esta etapa possibilita posteriormente a introdução e explicação dos novos conceitos. Finalmente, a aprendizagem consolida-se mediante a repetição e a prática. Esta repetição e prática traduzem-se na aplicação do conteúdo em novas situações e o seu grau de aplicabilidade vai, assim, ampliando-se pouco a pouco.

A principal crítica que pode apontar-se a estes modelos tem consistido em se considerar excessiva a preocupação em tentar adaptar o nível mental dos alunos a uma rígida sequência de conteúdos no pressuposto de que estariam “adequados”. Isto leva à normalização dos procedimentos didácticos em função da idade e respectivo estágio de desenvolvimento do indivíduo.

Face a este modelo que se centra, como vimos, mais nos processos de pensamento do que no conteúdo e articulação do conhecimento prévio dos alunos, autores com Nussbaum e Novik (citados em Cosgrove e Osborne, 1991 b) propõem *um modelo de conflito conceptual*. Consideram que a tarefa de ensinar está em determinar, em primeiro lugar, as concepções individuais dos alunos. Estes autores defendem que a aprendizagem ocorre por “acomodação cognitiva”, sendo então necessário primeiro uma explicitação das “ideias alternativas” (p.170). Para facilitar a acomodação, é necessário que o professor reforce o auxílio a dar ao aluno na exteriorização das suas ideias. Fá-lo promovendo o debate entre estes e, assim, promove o confronto de diferentes pontos de vista. Espera-se que a insatisfação com as ideias anteriormente defendidas produza *conflito conceptual*. A *acomodação cognitiva* resultará, segundo os autores, desse conflito cognitivo, em que os alunos reconhecem que os seus pontos de vista anteriores requerem uma modificação.

Erickson (1979, citado em Cosgrove e Osborne, 1991, b) estabelece um conjunto de etapas algo semelhantes (**Anexo 2**). Em primeiro lugar, considera que devem *haver “actividades experimentais”* que explicitem ideias e crenças intuitivas. Depois devem promover-se “*actividades discrepantes*” que se traduzam na criação de situações que levem a resultados inesperados e, assim, à necessidade que os alunos devem sentir em reestruturar ideias pré-existentes. Por último, as “*actividades de reestruturação*” devem ajudar a acomodar os resultados da aprendizagem através de debates de grupo e intervenções do professor.

Também Cosgrove e Osborne (1991 b) apresentam um modelo de aprendizagem. O seu modelo é conhecido por “*aprendizagem generativa*”³⁴ que procura programar e desenvolver actividades conducentes à modificação das ideias intuitivas dos alunos. Neste modelo são propostas três fases que se assinalm no **Anexo 2** pois trata-se de fases idênticas ao modelo anteriormente descrito. O que de essencial o modelo refere é considerar que quando não há dados da investigação e, portanto, não há orientação para o professor, é necessário que este faça emergir as ideias dos alunos para as ter em conta na planificação das suas aulas. Segundo este modelo, o professor deve preocupar-se, também, em articular o pensamento dos alunos perante a identificação e discussão de diversos pontos de vista. A introdução dos pontos de vista científicos é feita, pelo professor, nos momentos oportunos da discussão. A consolidação das aprendizagens faz-se, na opinião dos autores, através de actividades de aplicação. Criam-se momentos de resolução de problemas nos quais o professor deve ter um papel activo, promovendo o debate acerca dos métodos de resolução adequados e estimulando nos alunos o pensamento reflexivo.

Enquadrado na perspectiva construtivista, têm vindo a ser desenvolvidos alguns modelos operacionais tais como o CLIS (Children's Learning in Science Project). Este programa de aprendizagem de ciências foi desenvolvido por autores como Rosalind Driver e proporcionou uma base para o desenvolvimento de esquemas detalhados de ensino de diversos tópicos na área da Física (Driver e Oldham 1988).

³⁴ Marques (1994) refere que os autores distinguem aprendizagem generativa de não generativa, referindo que, em relação à primeira, o conhecimento prévio é reconhecido durante o processo de construção de significados enquanto que a não generativa o conhecimento prévio incorpora a nova informação. Salienta ainda que apenas a aprendizagem generativa assegura que ocorra reorganização do conhecimento prévio.

De modo resumido, tal programa traduz-se numa sequência de etapas que procuram promover a construção activa de significados por parte dos alunos para diversos conteúdos científicos. Neste programa, um dos pontos de partida mais importante são as ideias dos alunos. Os alunos têm a oportunidade de construir e modificar essas ideias no sentido de uma aproximação às concepções científicas, sem sofrerem qualquer “punição” por eventuais erros cometidos. O ponto central deste programa reside na sensibilidade que ao professor é exigida para valorizar as representações dos alunos, dando-lhes ao mesmo tempo oportunidade para que estes partilhem, reflectam e reestruturem as suas ideias.

Para além dos modelos referidos, que enfatizam uma fase inicial de identificação das ideias prévias dos alunos, existem ainda outros que se preocupam, para além disso, em clarificar o papel do professor e do aluno, durante todo o processo ensino-aprendizagem.

Cubero (1993), na sua proposta, valoriza a correcta identificação das concepções das crianças quando afirma: “as concepções das crianças são um ponto de partida, mais que o resultado de uma deficiência”, a aprendizagem uma “transformação ou a acomodação dos esquemas de conhecimento” (p.51).

A autora identifica claramente as atribuições do professor no processo de aprendizagem. Segundo esta, compete-lhe assinalar inconsistências de pontos de vista dos alunos e fornecer informação adequada de modo a que estes compreendam que sobre o mesmo problema podem convergir diversos pontos de vista. O professor deve ainda verificar o processo seguido desde que o aluno apresenta as suas primeiras ideias, até ao fim, para que este tome consciência do conhecimento que adquire e reflecta sobre

a forma como aprendeu. Assiste-se assim a um acompanhamento continuado ao aluno por parte do professor, no sentido da identificação de eventuais lacunas que possam traduzir-se em obstáculos à aprendizagem.

Considerámos ainda o modelo proposto por Marques (1994). Este modelo, em traços gerais, destaca-se, pela importância que o autor confere à determinação daquilo que compete ao aluno fazer, mas fundamentalmente, ao professor. O autor assinala em cada fase as tarefas que ao aluno e ao professor competem levar à prática de modo simultâneo. Esta proposta denota, em nosso entender, uma preocupação no acompanhamento sistemático do aluno, ao longo das diversas etapas que contempla. Vejamos então quais são essas etapas³⁵.

Na primeira etapa *-fase de reconhecimento-*, realça-se a pesquisa das concepções previamente construídas pelos alunos relativamente aos conteúdos a abordar. Pretende-se que o aluno revele as suas ideias relativamente ao tópico em estudo (por exemplo, através de redes ou mapas de conceitos). Ao mesmo tempo, o professor deve elaborar também a rede de conceitos que explicita o seu conhecimento acerca do conteúdo a tratar, *explicita a conceptualização* que pretende que o aluno atinja. Pode, com esta técnica, avaliar as discrepâncias entre ambas as conceptualizações: a *cientificamente adequada*, representada pelo seu mapa de conceitos e *a dos alunos*.

A segunda etapa (*fase de reflexão*) visa criar condições para que o aluno possa, por um lado, “reflectir sobre as suas próprias concepções” e, por outro, “tomar conhecimento das que são defendidas pelos colegas” (Marques, 1997, p. 38). Identificam-se problemas cuja procura de solução possa contribuir para a mudança das ideias dos alunos, depois de se ter procurado encontrar justificação para as ideias

³⁵ que não devem considerar-se que tenham de ser desenvolvidas numa sequência rígida.

alternativas reveladas. Deve encorajar-se o aluno a reflectir acerca da forma como tem o seu pensamento estruturado. Pretende-se o desenvolvimento de hábitos de pensamento e compreensão da organização do conhecimento. Assim, os alunos devem justificar os seus pontos de vista em grupo para poderem encontrar insatisfação com as suas ideias, particularmente quando se está em presença, por exemplo, de mapas de conceitos que revelam contradições. O professor deve destacar a forma como é que outros pensaram sobre o mesmo problema, recorrendo, para isso, tanto quanto possível, a dados da História das Ciências.

Em resumo, esta fase deve traduzir-se:

- na reflexão sobre o conhecimento do próprio;
- na procura em criar um sentimento de insatisfação com as “ideias erradas” que o aluno possa possuir acerca do assunto em estudo;
- na identificação de um conjunto de problemas que possam contribuir para mudar de ideias e convicções;
- na proposta de metodologia (s) adequada (s), por parte dos alunos, tendo em vista soluções para o problema previamente identificado.

Na etapa seguinte (*fase de reconstrução*), pretende-se promover o processo de reconstrução do conhecimento. Durante esta etapa, são importantes as “discussões e negociações” (Prawat 1989, citado em Marques, 1994, p. 208). Esta fase procura destacar a importância da metodologia científica demonstrando, que “a compreensão das ideias elaboradas são hipóteses que devem ser sujeitas à experimentação e refutação” (Marques, 1997, p.38).

Procura criar-se situações que vão ao encontro da opinião expressa pelos alunos no sentido do confronto das ideias defendidas por estes e a versão científica dos factos.

O aluno é confrontado com situações concretas que promovam a contradição com aquilo que até então defendia no sentido de promover a mudança conceptual e em que verifique que o seu modelo explicativo é incompatível com as novas evidências com que se defronta, devendo valorizar-se a utilização da técnica de resolução de problemas gerados pelos alunos (Marques, 1994).

Dá-se ainda atenção à indispensável “utilização de novos dados a fim de modificar os já existentes” (Chi *et al*, 1994 citado em Marques, *ibid.*, p. 38). A organização da informação conceptual e o fornecimento, por parte do professor, da informação relativa ao conteúdo que deve ser mobilizada, estabelece a “ponte” para a etapa seguinte.

A última etapa, *fase de re-avaliação*, pretende verificar até que ponto as estratégias propostas tiveram ou não êxito na modificação das ideias apresentadas pelos alunos. São então adoptados alguns instrumentos como mapas de conceitos ou questionários de escolha múltipla (Marques, 1994, p. 209), que procuram explicitar, tanto quanto possível, as modificações produzidas e assim avaliar a aprendizagem conseguida.

Em termos globais e de modo resumido, o modelo proposto por Marques (1994) baseia-se nos seguintes princípios:

- a averiguação das pré-condições de aprendizagem e as crenças dos professores;
- a explicitação das ideias dos alunos, mas também a conceptualização expressa da forma como o professor organiza o conhecimento conceptual que pretende que aqueles adquiram;
- a identificação de problemas e respectiva (s) metodologia (s) de resolução por parte dos alunos num clima de “*ideational confrontation*” (p. 201), por forma a que o

professor vá identificando os obstáculos epistemológicos dos alunos e se inteire da metodologia seguida tendo em vista a aproximação às metodologias científicas como aspecto essencial na aquisição do conhecimento científico, o qual se deve aproximar das suas formas de construção;

- A valorização do significado da ciência em que se destaca a importância do conhecimento científico no mundo actual.

Em resumo, pode dizer-se que todos os modelos apresentados se enquadram numa perspectiva de mudança conceptual: Cosgrove e Osborne (1991 b), com o modelo de “*aprendizagem generativa*”, Nussbaum e Novick (1982, citado em Cosgrove e Osborne, 1991 b) com o modelo de “*conflito conceptual*” e Posner et al. (1988) com o modelo de “*mudança conceptual*” entre outros.

Todos estes autores propõem alguns procedimentos didácticos idênticos que resultam de concepções semelhantes acerca da forma como concebem a aprendizagem de conceitos científicos e, nesse sentido, convergem na identificação de procedimentos que consideram dever verificar-se, nomeadamente:

- proporcionar aos alunos a possibilidade de explicitarem as suas ideias;
- possibilitar o desenvolvimento e reestruturação dessas ideias;
- criar situações que possibilitem aos alunos a reflexão em torno das suas opiniões e pontos de vista;
- possibilitar aos alunos a aplicação dessas novas ideias.

Em relação aos modelos de mudança conceptual a que nos temos vindo a referir, alguns autores como, Santos (1991 d), consideram, numa base epistemológica, a possibilidade desta ocorrer por *captura e troca conceptuais*.

A autora considera que quando as representações do aluno não se afastam significativamente das que são veiculadas pelos conceitos científicos, as estratégias de “captura conceptual”, epistemologicamente radicadas na filosofia continuista de Toulmin (Santos e Cruz, 1988, p. 560), serão adequadas, verificando-se uma conciliação entre aquilo que o aluno já sabe e os novos conceitos a aprender, já que estão garantidas as “pontes de conhecimento”. Assiste-se a uma *assimilação cognitiva* de características ausubelianas. Em termos de actividades, a autora propõe, em termos concretos: trabalhos laboratoriais para confirmar ideias prévias, analogias e metáforas, mapas de conceitos, entre outros (p. 196).

Se, pelo contrário, os alunos revelarem divergências significativas entre as suas representações e o conceito científico, torna-se necessário promover uma ruptura, uma descontinuidade, fala-se em troca conceptual³⁶ (ibidem).

Como actividades promotoras de troca conceptual podem considerar-se: a realização de brainstorming, trabalhos laboratoriais para infirmar ideias prévias, pistas da história da ciência para detectar obstáculos epistemológicos, confronto de ideias, etc. (ibidem)

Considerando os modelos de mudança conceptual referidos, partilhamos a opinião de Santos (1991 d) quando considera que as estratégias construtivistas facilitadoras da mudança conceptual promovem um processo de *desestruturação* e de *reestruturação* conceptuais. Acreditamos que a aquisição do novo conhecimento não é cumulativo mas sim interactivo. Pensamos que este processo de construção de

³⁶ Nesta perspectiva, considerando ainda a tese ausubeliana, esta não nos fornece elementos para a compreensão das situações em que se verifica conflito com ideias incompatíveis já estabelecidas e que constituem obstáculos epistemológicos que impedem a apropriação do conhecimento científico (Santos e Praia, 1992, p. 29)

conhecimento tem de ocorrer, em termos globais, por processos de desestruturação das conceptualizações, onde irá “encaixar” o novo conhecimento e, portanto, há posteriormente uma reestruturação dessa conceptualização.

De modo abreviado e no essencial, as *estratégias de desestruturação*³⁷ têm por base a psicanálise do conhecimento, isto é, procuram indagar o que está subjacente, não só ao que os alunos afirmam, mas também o significado do que dizem.

³⁷ Fialho (1996) no estudo que desenvolveu sobre este tema, identifica as seguintes:

Motivação: A motivação constitui para a autora um aspecto essencial na mudança conceptual. O aluno só se interessará pela aprendizagem se sentir que existe utilidade naquilo que tem de aprender, se traduzir os seus interesses. Como tal, é fundamental que se proporcionem actividades que apresentem problemas próximos da realidade do aluno.

Explicitação: A aprendizagem conceptual exige que os alunos explicitem as suas ideias para que se consciencializem das suas concepções. Os alunos devem, na opinião de Cosgrove e Osborne (1991 a), ser informados com clareza, dos propósitos desta fase para que assumam a responsabilidade da sua própria aprendizagem. É importante não só que o aluno se consciencialize das suas representações bem como das “estratégias mentais” a que recorreu para construir esse saber (Santos, 1991 d, p. 185). Esta etapa revela-se assim fundamental na medida em que, por um lado, possibilita ao professor o conhecimento das ideias prévias dos seus alunos e, por outro, permite a adequação das estratégias de aprendizagem em função dessas representações. Valoriza-se ainda, nesta etapa, a elaboração de um “inventário de ideias prévias gerais” acerca do tema a estudar (Cubero, 1993). Verificar-se-á que, apesar da natureza idiossincrática das representações a listagem de eventuais ideias alternativas não será muito extensa. Para cada assunto há sempre um conjunto de ideias que é partilhada por uma parte bem representativa dos alunos.

Conflito cognitivo: Em função das ideias previamente identificadas, o professor possui informação que lhe permite a elaboração de estratégias adequadas à criação de desequilíbrio nos esquemas conceptuais dos seus alunos e assim promover o confronto em que os alunos sintam que os conhecimentos que possuem são insuficientes ou mal organizados face ao novo conhecimento. Nesta fase, a discussão aberta assume um papel crucial na medida em que se confrontam no mesmo terreno diversas concepções acerca de um determinado assunto. Os alunos passam a dar-se conta das divergências entre as suas concepções e as dos seus colegas e ainda da subjectividade das suas percepções e concepções. O professor deve servir, então, de mediador. As suas intervenções vão mais no sentido de ajudar os alunos a questionar e a justificar os seus pontos de vista do que a dar respostas imediatas.

Familiarização: Hewson (1993) e Santos (1991 d) consideram que a familiarização com o conhecimento científico ocorre a partir do momento em que o aluno vai começar a reestruturar o seu conhecimento em função do novo. Nesta fase o recurso a material escrito, pictórico, ou outro que ajude a traduzir as novas representações, bem como o recurso a analogias e metáforas (Cachapuz, 1997 a) são particularmente úteis para os conceitos mais abstractos.

Actividades de discussão: Perante os mesmos fenómenos, os alunos dão diferentes interpretações. Por isso é fundamental que as estratégias que o professor deve desenvolver permitam aos alunos não só tomar consciência daquilo que sabem mas também daquilo que os seus colegas conhecem acerca dos assuntos apresentados. Como nos afirma Santos (1991 d) “É o confronto do próprio pensamento com o dos outros que vai permitir não tomar como absolutos nem como certos os nossos processos de pensar, as nossas percepções, as nossas concepções (...)” (p.110). Valoriza-se o pensamento entre pares através de actividades de discussão que promovem o desenvolvimento do aluno. Carretero (1993) defende que a interacção social nos processos de aprendizagem contribui de modo indirecto para o desenvolvimento social do aluno, e de forma directa, através de conflitos cognitivos, actividades de discussão e intercâmbio de ideias. Também Vygotsky (1979) destaca o importante papel da partilha de experiências e de saberes entre os alunos para a aprendizagem individual.

As actividades de discussão permitem a explicitação de diversas opiniões dos alunos, o confronto de diversos pontos de vista estimula o interesse e a motivação podendo contribuir para a desinibição dos alunos menos participantes. Os alunos têm de sentir que o seu contributo é importante para a discussão. O professor deve assumir-se como um dinamizador destas actividades e como tal ser ainda um moderador ajudando os alunos a explicitar as suas ideias sublinhando ao mesmo tempo as eventuais incoerências e divergências que vão surgindo.

Actividades de reflexão: A reflexão é uma etapa crucial no processo de desestruturação. Marques (1994) considera-a fundamental ao defender que os alunos devem reflectir sobre o seu próprio pensamento através de actividades que tenham cariz eminentemente metacognitivo. Tais actividades promovem o desenvolvimento de

As estratégias de reestruturação³⁸ são essencialmente estratégias de construção de novas ideias que nascem dos confrontos entre as ideias anteriores e o novo conhecimento. São estratégias que devem promover o aparecimento de novas estruturas conceptuais, ou de estruturas conceptuais renovadas.

Tendo em conta, por um lado, os modelos apresentados e, por outro, os nossos propósitos, optámos, no seguimento da investigação, pelo modelo proposto por Marques (1994). Tendo ainda em conta os princípios base do modelo e os dados disponíveis resultantes de algumas investigações em que se recorreu à sua aplicação, este apresentou-se-nos como o mais adequado para tentar encontrar resposta à nossa questão de investigação: *Quais os resultados da aplicação de modelos de raiz construtivista na mudança conceptual dos alunos.*

No desenvolvimento da investigação, a que se refere a segunda parte deste trabalho, teve-se a preocupação de tentar conciliar os aspectos a que nos temos vindo a referir. Isto é, em termos metodológicos, procurámos agir com o mesmo critério:

hábitos de pensamento e ajudam à compreensão da forma como o seu conhecimento se encontra organizado. Cubero (1993) defende a elaboração de “actividades de memória” em que se registem opiniões, ideias, critérios e conclusões que promovam a actividade reflexiva dos alunos.

³⁸ Fialho (1996) identifica no seu estudo algumas das estratégias mais importantes no processo de reestruturação:

Actividades de aplicação: As actividades de aplicação têm de traduzir-se na aplicação das novas aquisições em contextos que representem ao aluno a utilidade das novas aquisições que devem ser sentidas como mais inteligíveis, plausíveis e úteis que as anteriores (Cubero, 1993, Driver et al., 1992, Hewson, 1981, Posner et al., 1988). O desenvolvimento de actividades de aplicação possibilita ao professor avaliar a ocorrência, ou não, de *transferência de aprendizagens*, ao mesmo tempo que deve servir para que o aluno fique convicto que as suas ideias ou concepções alternativas se revelam pouco eficazes num contexto científico. Santos (1991 d) propõe algumas actividades, tais como trabalhos laboratoriais, relatos históricos de situações problemáticas que contribuíram para o progresso do conhecimento científico, etc. Tais actividades possibilitam ao aluno a compreensão de que o conhecimento adquirido pode ser transferido e aplicado em contextos diferentes daqueles em que o adquiriu. Actividades de resolução de problemas traduzidas em situações apresentadas aos alunos, relativas a situações que se aproximem do seu quotidiano são as no entanto, a nosso ver, que apresentam maior potencialidade como actividades de aplicação.

Actividades de síntese: A síntese de todo o processo de aprendizagem possibilita uma consciencialização das aprendizagens efectuadas. Permite uma comparação entre um ponto de partida baseado essencialmente em percepções sensoriais e, por isso, intuitivas e um ponto de chegada mais elaborado, reflectido e racional próprio de uma explicação científica dos fenómenos.

aplicar procedimentos construtivistas na componente de investigação de campo e na própria metodologia seguida ao longo de todo o trabalho. Dessa forma, justifica-se, uma metodologia que, em traços gerais, pretende assumir-se como qualitativa e descritiva:

- qualitativa, porque se preocupa com a interpretação de dados e do seu significado.

- descritiva não no sentido de uma mera referência da situação antes e depois da intervenção, mas essencialmente durante, num processo dependente de conteúdo e de contexto, preocupado com o *processo* como foram trabalhados os caminhos para a obtenção dos *produtos*.

PARTE II

O DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

“É fundamental que a pesquisa de procedimentos, que levem à mudança de um conjunto de conceitos para outro conjunto incompatível com o primeiro, tenha por base uma teoria epistemológica bem articulada que a priori oriente tal pesquisa e que, a posteriori, permita interpretar e aplicar os resultados dispersos em estudos já efectuados (...)”

(Santos, 1991d, p. 168)

Capítulo V

QUADRO METODOLÓGICO E O DESENHO DA INVESTIGAÇÃO

•

5.1 -O CONTEXTO EDUCACIONAL DO PROBLEMA EM INVESTIGAÇÃO

Uma das primeiras questões que se coloca perante uma investigação de campo é a escolha do cenário de intervenção, o que se aplica também na investigação educacional. Considerando a primazia para os processos de aprendizagem dos alunos em ciências e sendo, claramente, a instituição escolar a principal responsável pela Educação em Ciências, “deverá ser nela que deve incidir a nossa reflexão” (Trindade, 1996 b, p. 129), bem como a nossa actuação no sentido de tentar contribuir para a identificação de factores de insucesso escolar dos alunos na Educação em Ciências.

Diversos fenómenos do processo ensino/aprendizagem que se dão na sala de aula são extremamente complexos. Zabalza (1994) considera que a racionalidade positivista esqueceu, neste domínio, esta complexidade e foram estabelecidas a partir de estudos de laboratório ou de princípios descontextualizados, conclusões gerais e totalizadoras sobre os processos de ensino, cuja utilidade é discutível na medida em que, na maioria das ocasiões, conduziu a uma “visão simplificadora e reducionista das múltiplas dimensões que intervêm nas situações educativas” (p. 125).

Almeida e Freire (1997) valorizam também o contexto em que ocorrem os fenómenos educativos. Consideram que “a realidade psico-educativa é (...) fenomenológica, associada à história individual e aos seus contextos” (p. 27); o seu estudo implica a necessidade de ter em conta a perspectiva individual de cada um dos sujeitos implicados na situação. Interessa particularmente “olhar aos significados” (ibidem).

Consideramos, à semelhança dos procedimentos científicos actuais, que os procedimentos metodológicos no domínio educacional devem oferecer uma imagem de racionalidade em que os processos mais adequados serão aqueles que apresentam

uma vinculação clara e explícita com um *corpus* teórico e numa íntima associação com a realidade educativa concreta.

Sendo necessário desenvolver uma imagem racional no ensino das ciências, a actuação pedagógico-didáctica deve desenrolar-se em conformidade. As metodologias a utilizar no ensino-aprendizagem das ciências devem aproximar-se da metodologia utilizada na produção desse conhecimento científico, particularmente no que respeita à forma de o construir teoricamente, isto é, na forma de pensar e de o teorizar.

Procura-se assim, quer em termos de procedimentos metodológicos na investigação realizada, quer ao nível da intervenção na sala de aula, assumir uma posição que se aproximasse de posição racionalista³⁹/construtivista.

A questão seguinte é saber como optar pela metodologia mais apropriada?

A tradição quantitativa tem vindo a perder terreno relativamente às posições mais qualitativas. Na opinião de Bogdan e Biklen (1995), alguns investigadores que ocupavam posições de grande proeminência nos círculos quantitativos começaram a explorar a abordagem qualitativa e a defender a sua utilização, na medida em que a realidade educativa não pode reduzir-se a uma mera quantificação de resultados que apenas exprimam o produto final e não o processo ocorrido para aí chegar.

A principal argumentação apresentada pela investigação qualitativa foi a “obsessão pela objectividade” manifestada pelos métodos quantitativos, defendendo que a prática educativa é uma acção social e não só um fenómeno natural que possa reduzir-se ao controlo de variáveis. Surge assim no contexto educativo uma linha de investigação que Almeida e Freire (1997) designam de “interpretativo-qualitativa” (p.

³⁹ Praia e Cachapuz (1994) efectuaram um estudo em que se propõem-se averiguar qual a concepção empirista/racionalista dos professores de ciências, concluindo que globalmente há uma orientação dominante para concepções empiristas em relação à natureza do conhecimento científico por parte dos professores de ciências portugueses.

29) e que permitiu tomar consciência de que “a educação possui uma lógica distinta da usada pela tradição positivista” (Garcia, 1994, p. 340).

Em educação, passou a contar-se com novos parâmetros que não se encontram no contexto das ciências naturais. Assim, *sentido, intencionalidade, construção pessoal, contexto, história* são alguns exemplos de variáveis que intervêm como novos parâmetros nos estudos em Educação.

Nos anos oitenta, assiste-se então ao acentuar das divergências entre os paradigmas qualitativos e quantitativos, culminando com aquilo a que Gage (1989, citado em Neto, s. d. p. 4) apelida de “guerra dos paradigmas”. Defensores de uma posição de equilíbrio entre os procedimentos quantitativos e qualitativos, consideramos que “o cenário a desenvolver deve promover a harmonia e complementaridade paradigmáticas em desfavor do antagonismo e da ruptura”. (ibid., p. 5). As novas tendências metodológicas apontam no sentido da conciliação entre as abordagens quantitativas e qualitativas. Bryman e Cramer (1993) defendem que deve promover-se uma “coexistência pacífica” entre os paradigmas quantitativo e qualitativo.

Esta posição, numa perspectiva epistemológica, aproxima-se das perspectivas defendidas pela “Nova Filosofia da Ciência” que transforma os novos tempos numa época marcada pela transição entre o paradigma da ciência moderna e os novos paradigmas. Serrano (1994) considera que a interdependência e complementaridade dos paradigmas quantitativo e qualitativo colhe, assim, no plano filosófico e epistemológico, considerável apoio.

A problemática, metodologia quantitativa *versus* metodologia qualitativa coloca a ênfase na questão que respeita aos procedimentos dedutivos ou indutivos. Em relação a este assunto, pode afirmar-se, de acordo com Albarello et al. (1995), que, se por um

lado, um procedimento dedutivo é uma elaboração fechada construída a partir de resultados de investigações anteriores (...), o procedimento indutivo partindo da “observação do terreno”, pode abrir-se a pistas de investigação muito originais (p. 97) e, nesse sentido, “o método empírico-dedutivo e o método teórico-dedutivo têm de se fundir para produzirem algum conhecimento verdadeiramente útil” (Erasmie e Lima, 1989, p. 26).

Almeida e Freire (1997), ao defenderem os procedimentos dedutivos, consideram que, no estado actual do conhecimento, é de esperar que cada vez mais se acentue a importância de uma investigação ser dirigida por uma teoria, isto é, “orientada por uma atitude mais dedutiva que indutiva”, mesmo que esta teoria se apresente “provisória” e explique apenas parcialmente o fenómeno em estudo (p. 42).

Quanto a nós, tendo em conta a natureza do problema que nos propomos estudar, optaremos essencialmente por métodos qualitativos procurando seguir um procedimento indutivo-dedutivo. Assim, o desenvolvimento da investigação procura utilizar tanto quanto possível as abordagens qualitativa e quantitativa, como o fazem Cronbach et al, (1980); Miles e Huberman (1984); Reichardt e Cook, (1974, citado em Bogdan e Biklen, 1995).

Interessa-nos, particularmente, a abordagem qualitativa, na medida em que:

- a investigação qualitativa é essencialmente descritiva;
- os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que, simplesmente, pelos resultados ou produtos;
- o significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

Das características da investigação qualitativa apontadas, consideramos neste trabalho a segunda como uma das mais importantes na medida em que procuramos

“...analisar os dados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto possível a forma em que estes foram registados ou transcritos” (Bogdan e Biklen, 1995, p. 48).

No que respeita à vertente quantitativa, partilhamos a opinião de Conhen e Manion (1990) que consideram que a maioria dos estudos em educação aparece na literatura como estudos descritivos. Os autores consideram que estes estudos dizem respeito à observação de grupos, instituições métodos e materiais com a finalidade de “descrever, comparar, contrastar, classificar, analisar e interpretar as entidades e os acontecimentos” que constituem os seus diversos campos de investigação (p.101).

Colocando-se a questão da eventual opção, por uma metodologia experimental ou quasi-experimental, afigura-se-nos que tal metodologia não parece adequada aos objectivos da pesquisa já que que tal metodologia reduz a uma apreciação de dados de natureza essencialmente qualitativa a inferências⁴⁰ estatísticas pouco adequadas a estudos desta natureza.

Depois de termos procurado justificar a nossa posição em termos metodológicos, referir-nos-emos de seguida ao contexto educacional em que decorreu a investigação.

A leitura dos objectivos e finalidades programáticos da disciplina de Ciências da Terra e da Vida do Ensino Secundário, decorrentes da Reforma Curricular instituída pelo Decreto-Lei nº 286/89, e os grandes princípios orientação metodológica da Reforma Educativa, levam a conclusão que a “*construção dos conceitos deve assentar nos conhecimentos prévios dos alunos*”.

⁴⁰ Silva (1997) utiliza uma metodologia quasi-experimental num estudo piloto no tópico programático do 10º ano -actividade enzimática- concluindo que “*a análise qualitativa dos dados(...) parece poder inferir-se a inexistência de diferenças significativas entre a turma de controlo e a turma experimental o que conduzirá à não comprovação das hipótese de trabalho*” (pp. 125-126).

Mais recentemente, as Orientações de Gestão de Programas (OGP/1996) vêm realçar a necessidade de “*desenvolver os processos mentais superiores*” através de “*uma aprendizagem significativa baseada no paradigma construtivista*”.

A reflexão sobre os princípios referidos configura o nosso interesse no domínio da Didáctica das Ciências Naturais, na medida em que defendemos, como Vásquez (1994), que as “concepções alternativas” dos alunos configuram a base do novo modelo didáctico – O Construtivismo.

Assim, procuramos destacar a importância dos aspectos relacionados com as aprendizagens dos alunos e o papel das suas representações no processo de ensino-aprendizagem das ciências, em particular na utilização de modelos didácticos de raiz construtivista.

Po tudo isto, as nossas preocupações são, no essencial, mais prescritivas que descritivas. Isto é, não nos interessa ficar pela identificação de “ideias alternativas”, mas actuar ainda no sentido de as modificar (Cachapuz, 1995, Santos, 1991 d, Marques, 1994).

5.1.1 - O PROBLEMA

Como sabemos toda e qualquer investigação só fará sentido se procurar canalizar os seus esforços no sentido da resolução de um problema. Como nos afirma Best (1982), o investigador deverá ter um cuidado particular na escolha do problema que elege para estudo, já que todo o rumo da investigação depende disso. Hegenberg (1969) salienta que “a presença de um problema atesta que as crenças tradicionais que estão em foco não nos servem para solucionar as dúvidas surgidas” (p. 63).

No entanto esta é, precisamente, uma das fases mais difíceis do projecto de investigação - a eleição de um problema adequado. Best (1982) considera que corremos o risco de seleccionar “problemas estreitos”, relativos a práticas que se encontram erradamente relacionadas com a nossa prática escolar. (p. 3). Delimitar correctamente o problema ou “questão de partida” (Quivy e Campenhoudt, 1992) constitui, pois, uma importantíssima etapa no delinear de um projecto de investigação. A sua “clareza, pertinência, relevância, actualidade e exequibilidade” (ibidem) podem contribuir decisivamente para o correcto e adequado desenvolvimento da investigação a seguir. Erasmie e Lima (1989) consideram que o problema deverá sugerir-nos o tipo de observações a efectuar, para que, em relação com a nossa teoria, produzam dados que a clarifiquem. Como consideram ainda Almeida e Freire (1997), a teoria “orienta a investigação sugerindo previsões (...) sobre o fenómeno em estudo” (p. 40).

Assim, concretamente, o problema que identificámos para estudo e que orienta a nossa actuação metodológica, no sentido de averiguar qual o efeito que a aplicação de estratégias de ensino de raiz construtivista tem na aprendizagem dos alunos em ciência foi:

Que resultados se obtêm da aplicação de modelos de didácticos de raiz construtivista na mudança conceptual dos alunos?

5.1.2 - OS OBJECTIVOS

Os objectivos da nossa investigação decorrem em íntima associação com o problema definido e com as nossas convicções relativamente ao processo de ensino-aprendizagem das ciências.

Pretende levar-se a cabo um estudo que reforce a importância que deve ser atribuída, por um lado, ao conhecimento prévio dos alunos no domínio dos fenómenos naturais e, por outro, ao professor que deve possuir um bom domínio dos conteúdos científicos. Pensamos que, desta forma, o professor estará em melhores condições para reforçar as representações correctas e modificar as que se apresentem inadequadas ou impeditivas da aquisição adequada do conhecimento científico por parte dos alunos.

Para além do interesse pelas representações espontâneas das crianças enquanto “apreensão sensível intuitiva e imediata (...) independentes e anteriores a quaisquer aquisições escolares” (Santos, 1991e, p. 21), interessa-nos, particularmente, o conhecimento já adquirido pelo aluno e assim identificar “ideias alternativas” (García e Rodrigues, 1988, Marques, 1994, Faria e Duarte, 1988) para averiguar a forma como esse conhecimento foi assimilado pelo aluno e, admitindo-o como ponto de partida para o novo conhecimento, detectar possíveis dificuldades na estruturação deste. Consideramos “as concepções prévias” (Abimbola, 1988, p. 179) como “âncora” (Ausubel et al., 1991) para as novas aprendizagens.

Tendo em conta a necessária identificação das representações dos alunos, considerámos ser importante, acima de tudo, investigar a “influência que a utilização de modelos didácticos construtivistas tem em facilitar a mudança conceptual dos alunos na sala de aula” (Cachapuz, 1997b p. 147). Dessa forma, à semelhança do que Driver e Oldham (1988) nos propõem, foram elaborados materiais didácticos que tiveram por base as ideias prévias manifestadas pelos alunos e desenvolvidas formas de trabalhar que estimulassem a actividade dos alunos no processo de aprendizagem, tanto a nível individual como colectivo.

Em resumo poderemos afirmar que o principal objectivo do nosso estudo é investigar a influência que modelos didácticos construtivistas têm na aprendizagem do tema sismologia ao nível do ensino secundário.

No entanto pretendemos também outros objectivos, nomeadamente:

1. Identificar “ideias alternativas” dos alunos sobre o tópico programático sismologia no âmbito da disciplina de Ciências da Terra e da Vida do 10º ano de escolaridade;
2. Conceber materiais didácticos, tendo em conta as “ideias alternativas” identificadas;
3. Avaliar a eficácia dos materiais produzidos na mudança conceptual dos alunos;
4. Implementar estratégias de raiz construtivista, tendo em conta a utilização dos materiais curriculares produzidos;
5. Avaliar a mudança conceptual dos alunos

5.1.3 - A ESCOLHA DO TÓPICO

O Programa de Ciências da Terra e da Vida do 10º ano determina que o conhecimento e a compreensão do modelo proposto para a estrutura interna da Terra seja construído a partir de dados indirectos, nomeadamente da planetologia e da geofísica. As Orientações de Gestão de Programa determinam:

“ no tema estrutura da Terra procede-se à análise de alguns dos dados que conduzem ao modelo que é cientificamente proposto: dados da planetologia, sismologia, variação do fluxo térmico e vulcanismo ” (p.4).

A escolha deste tópico prende-se com alguns pressupostos :

1. Os alunos devem já ter alguns conhecimentos sobre o tópico, dado que alguns conceitos já foram abordados no 7º ano⁴¹. Identificam-se assim ideias prévias com possibilidade de saber como é que alguns conceitos foram aprendidos pelos alunos e, inclusivamente, ter uma ideia acerca de eventuais conceitos alternativos transmitidos aos alunos pelos professores⁴² durante o período em que contactaram com estes conceitos em aprendizagens anteriores;

2. De acordo com as Orientações de Gestão de Programa é importante que os alunos compreendam o contributo de um domínio do conhecimento, noutro. Isto é, no nosso caso, a importância dos estudos da sismologia para o conhecimento da estrutura interna da Terra;

3. O tópico contém um conjunto de “núcleos de conteúdo” que nos permite objectivar a intervenção e análise relativamente à aprendizagem de determinados conceitos;

4. Possibilita-nos a apreciação da organização conceptual na medida em que os alunos já possuem alguns conhecimentos sobre os diversos conceitos a abordar e isso permite que eles possam explicitar a conceptualização que detêm, em mapas de conceitos, numa fase anterior à leccionação das aulas sobre o tópico.

⁴¹ Miguéns et al. (1996) referem que alguns conteúdos do sétimo ano voltam a repetir-se no décimo ano que acabam por funcionar como conceitos âncora para novas aprendizagens (Ausubel et al., 1991).

⁴² Nilza e Loureiro (1988) admitem que os professores também adquirem “conceitos alternativos”(p. 106) semelhantes aos dos alunos.

5. É um tópico muito frequentemente referido nos meios de comunicação social, sendo este um fenómeno muito divulgado.

5.1.4 - AS HIPÓTESES

A hipótese fornece à investigação um fio condutor eficaz que, a partir do momento em que é formulada, substitui nessa função a questão de partida, ainda que esta não fique completamente esquecida ou abandonada. No seguimento do trabalho, os dados irão sendo confrontados com as hipóteses formuladas.

A organização de uma investigação em torno de hipóteses constitui então a melhor forma de a conduzir com ordem e rigor, sem por isso sacrificar o espírito da descoberta e da curiosidade⁴³. Quivy e Campenhoudt (1992) consideram mesmo que “um trabalho não pode ser considerado uma verdadeira investigação se não se estrutura em torno de uma ou várias hipóteses” (p.119).

Relativamente ao tipo de hipóteses que podem surgir num trabalho de investigação, Erasmie e Lima (1989) distinguem a hipótese estatística da hipótese de investigação. A primeira é, em sua opinião, usada geralmente em estudos de comparação entre grupos e nas situações em que a teoria e a investigação anteriores não sugerem qual dos grupos em estudo será diferente, nem em que sentido. Quanto à hipótese de investigação, esta serve essencialmente de guia a um plano de investigação.

Tendo em conta as considerações anteriores, formulámos as seguintes hipóteses de investigação:

⁴³Opinião diferente apresentam Bryman e Cramer (1993) que consideram que, apesar das hipóteses terem a vantagem de forçar os investigadores a pensar de forma sistemática sobre o que pretendem estudar e a estruturar o seu plano de investigação, têm como potencial desvantagem o poderem afastar a atenção do investigador de outras facetas interessantes nos dados recolhidos.

H1: Os alunos possuem “ideias alternativas” relativamente ao tópico sismologia;

H2: A utilização de materiais didácticos elaborados tendo em conta as ideias prévias dos alunos facilita a sua aprendizagem;

H3: As estratégias de raiz construtivista são facilitadoras da mudança conceptual dos alunos;

H4: Os modelos de ensino de raiz construtivista facilitam a mudança conceptual dos alunos.

5.1.5 - AS DIFERENTES “AMOSTRAS” UTILIZADAS NO ESTUDO

Almeida e Freire (1997) consideram que em Psicologia e Educação recorre-se muito frequentemente ao estudo de grupos e não propriamente a amostras, sobretudo quando não está em causa a necessidade de abarcar as características de uma população ou a generalização dos resultados. Considerando os objectivos e a metodologia seguida na nossa investigação, aproximamo-nos desta perspectiva, considerando embora a designação habitual que notamos como “amostras”.

A primeira “amostra” foi estabelecida para a aplicação piloto do questionário fechado. Foi obtida a partir de duas turmas do primeiro agrupamento, num total de 40 alunos, sendo 27 do sexo feminino e 13 do sexo masculino com uma média de idades de 16 anos.

Num segundo momento, seleccionámos do conjunto de alunos a frequentar o 10º ano, um grupo de alunos mais vasto para aplicação do questionário aberto no

estudo principal. Este grupo incluiu alunos do 1º, 2º, 3º e 4º agrupamentos disciplinares⁴⁴.

Esta “amostra” foi constituída por 113 alunos sendo 63 do sexo masculino e 50 do sexo feminino, com uma média de idades de 16 anos.

A terceira e última “amostra” foi a turma onde procedemos à aplicação do nosso modelo constituída por 24 alunos⁴⁵, sendo 14 do sexo masculino e 10 do sexo feminino, com uma média de idades de 15 anos.

5.2 - AS ETAPAS DA INVESTIGAÇÃO

A investigação desenvolvida processou-se em várias etapas (**Figura 18**), cada uma delas com objectivos concretos e distintos relativamente, à globalidade de investigação realizada.

Uma das primeiras etapas da nossa investigação consistiu em efectuar o levantamento das ideias dos alunos acerca do tópico em estudo e que seria alvo da nossa intervenção no contexto da sala de aula. Através de um mapa de conceitos, procurou-se explicitar a conceptualização dos alunos relativamente aos conceitos que iriam ser abordados.

Procedemos, numa segunda etapa, à aplicação de um questionário, com o objectivo de identificar as ideias dos alunos relativamente aos vários assuntos envolvidos no estudo, tendo-se recorrido à técnica do inquérito por questionário. A aplicação no estudo principal do questionário foi precedida pela sua aplicação piloto no

⁴⁴ ou científico-naturais (1º), artes (2º), económico sociais (3º) e humanidades (4º)

⁴⁵ verificou-se contudo que no final a amostra ficou reduzida a 20 alunos devido a abandono escolar, tendo ocorrido uma mortalidade da “amostra” de 20%

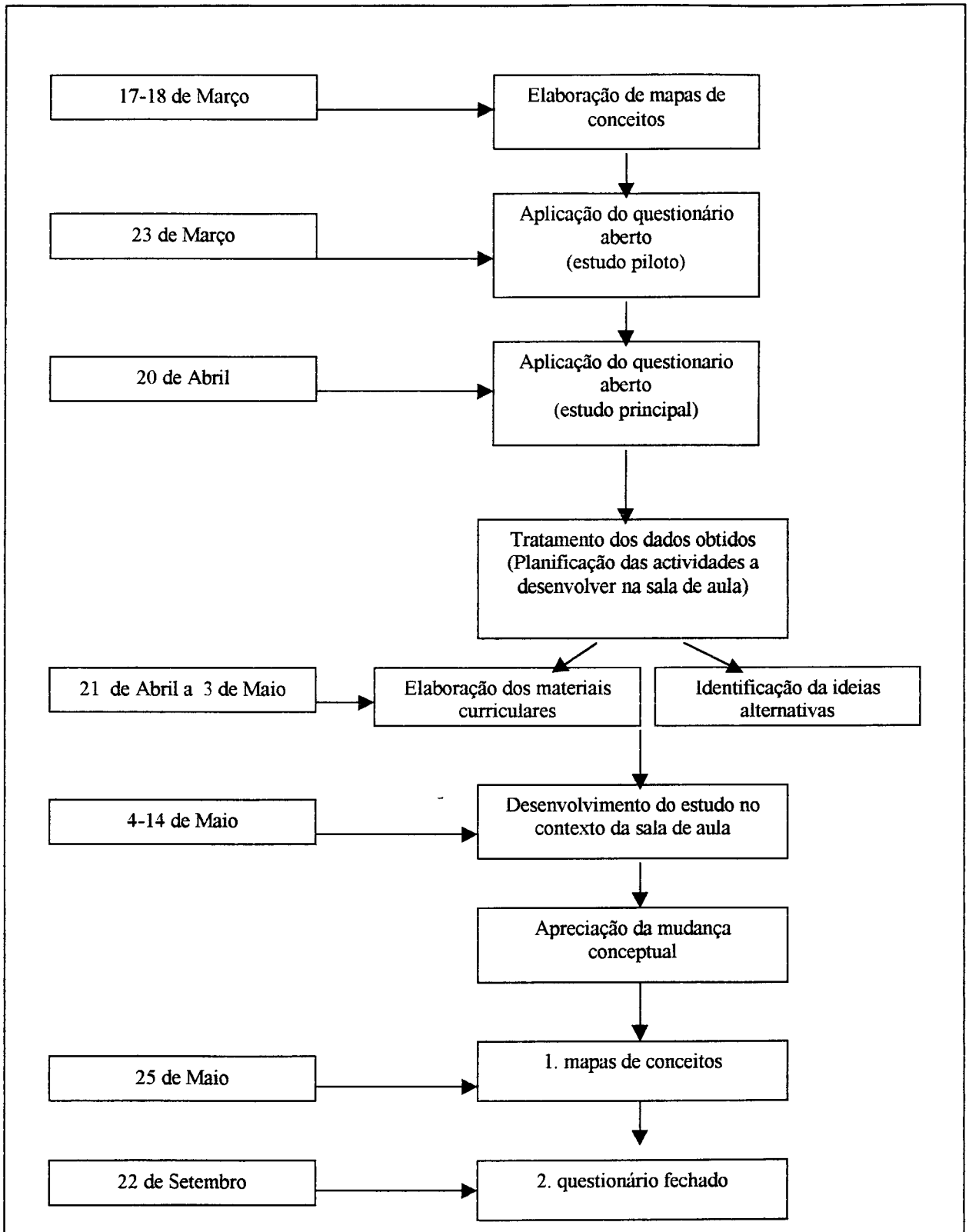


Figura 18 - As etapas do estudo

sentido de saber se a formulação do enunciado das questões se encontrava adequado aos objectivos do questionário (**Apêndice 2.1**).

Na etapa seguinte, planificaram-se as aulas para a qual foi adoptado o modelo proposto por Marques (1994, 1997) (**Apêndice 7**) e elaborou-se um conjunto de actividades (**Apêndice 7.7**), tendo em conta os resultados obtidos da aplicação do questionário aberto que nos possibilitou, assim, uma adequação na planificação das actividades às reais necessidades dos alunos.

Posteriormente, procedemos ao desenvolvimento do estudo no contexto da sala de aula, tendo as actividades sido gravadas em vídeo. A descrição acerca das actividades desenvolvidas, apresentada no capítulo VI, é feita tendo em conta esse visionamento.

Por fim, procurou avaliar-se a mudança conceptual dos alunos, um dos principais objectivos deste estudo, tendo-se recorrido à utilização de mapas de conceitos em finais de Maio e questionários fechados, em finais de Setembro (**Apêndice 3**).

Apresentam-se, a seguir, de modo mais detalhado, as etapas ao longo das quais foi desenvolvida a investigação.

5.2.1. A OBTENÇÃO DOS PRIMEIROS DADOS

Como já foi referido, os primeiros dados foram obtidos através da realização de mapas de conceitos pelos alunos com o objectivo de apreciar a sua conceptualização antes da aprendizagem formal dos conceitos envolvidos no estudo. Foram treinadas previamente as técnicas do referido método em unidades que iam sendo leccionadas, tendo contudo existido sempre o cuidado de evitar que os alunos tomassem

conhecimento que essa aprendizagem iria incidir sobre um tópico específico e ser alvo de atenção especial

Em 17 e 18 de Março os alunos elaboraram, então, sem qualquer conhecimento prévio, um mapa de conceitos (**Apêndice 8.3**).

5.2.2 - O ESTUDO PILOTO: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS IDEIAS PRÉVIAS DOS ALUNOS

A fase seguinte seria a aplicação do questionário aberto em estudo piloto, com o principal objectivo de saber se o mesmo permitia a obtenção dos dados que pretendíamos realmente obter.

O objectivo de tal aplicação prendeu-se com a convicção partilhada com Bell (1997) de que a

“aplicação prévia do questionário a indivíduos que, de alguma forma, não fazendo parte da amostra da nossa população, reúnem as condições semelhantes com se de facto o fizessem, pode dar-nos algumas indicações preciosas acerca da forma como irão interpretar o questionário os elementos da nossa amostra” (p. 35).

Puderam avaliar-se alguns aspectos, entre os quais destacamos os seguintes:

- a) adequação do tempo dado para resposta ao questionário;
- b) a clareza das instruções para resposta.

Esta aplicação ocorreu em duas turmas escolhidas de modo aleatório de entre as turmas do 1º e do 4º agrupamento, tendo sido aplicado a uma “amostra” de 20 alunos em cada caso. A aplicação deste questionário ocorreu sem o seu conhecimento prévio. Durante a aplicação, foi-lhes pedido que apontassem as dificuldades que estivessem a sentir relativamente à interpretação das questões e à clareza da linguagem utilizada.

O investigador esteve presente no sentido de proceder à realização de anotações que pudessem resultar de dúvidas colocadas oralmente durante a aplicação do questionário, bem como avaliar o tempo necessário para a resposta ao mesmo, já que o questionário era todo ele composto de questões abertas. A aplicação deste questionário ocorreu a 23 de Março.

5.2.3 - A APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO: ESTUDO PRINCIPAL

Considerando os resultados obtidos da aplicação do questionário no estudo piloto, procedeu-se à aplicação do questionário em 20 de Abril a um grupo de alunos mais representativo. Seguimos assim a sugestão metodológica de Caballer e Giménez (1993) que defendem a aplicação de questionários a uma amostra relativamente ampla depois dos resultados do mesmo questionário terem sido categorizados e analisados relativamente a uma amostra pequena (p. 64). Tal posição encontra justificação no caso particular da nossa pesquisa, dado que, em geociências, é escasso o número de trabalhos de investigação, o que obriga, como assinala Marques (1997), a “cuidados muito especiais quando se pensa nos procedimentos metodológicos a utilizar pois não é possível estabelecer comparações com resultados de outros estudos já efectuados” (p. 31).

A opção de não considerar apenas alunos do primeiro agrupamento, prendeu-se com o facto de pretendermos saber, por um lado, até que ponto os alunos teriam ficado com um conhecimento correcto dos conteúdos científicos aprendidos no ensino básico (principalmente ao nível do 7º ano de escolaridade) e, por outro, se haveria divergências de representações por se estar no 1º ou noutros agrupamentos.

Ainda de acordo com os objectivos deste estudo , além de identificar “ideias alternativas” na “amostra” considerada, pretendia-se também saber até que ponto é que haveria divergência de opiniões entre os alunos do 1º agrupamento e os alunos dos restantes agrupamentos. Foi então seleccionada uma “amostra” de 113 alunos⁴⁶ em relação à qual nos referimos adiante com mais pormenor.

5.2.4 - A PLANIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES A DESENVOLVER NA SALA DE AULA

Um dos princípios base mais importante que seguimos para a planificação das actividades a desenvolver na sala de aula partiu da nossa convicção de que é necessário planificar a acção didáctica a partir do levantamento das ideias e opiniões dos alunos acerca dos conteúdos que irão ser abordados. Consideramos, como Driver e Oldham (1988), a propósito da posição ausubeliana, que efectivamente é necessário que se identifiquem os “organizadores prévios” que promovam a aceitação das novas ideias, pois acreditamos que “se, se estabelecerem poucas uniões com o conhecimento anterior e se a qualidade destas uniões não for alta, haverá menos possibilidade de que as novas ideias sejam transferidas para a “memória a longo prazo” (p. 116) e, portanto, que se revelem úteis e sejam retidas pelo aluno.

Um dos factores que pode promover o sucesso dos alunos está em desenvolver procedimentos didácticos que estimulem o pensamento reflexivo e crítico, para que os alunos se consciencializem das suas próprias ideias e opiniões. Um ensino construtivista começa então por averiguar as ideias que o aluno possui sobre o tema a tratar, não para que conste de uma lista de curiosidades pedagógicas, como afirma Marimon (1994), para tê-las em conta no passo seguinte.

⁴⁶ sendo 74 do primeiro agrupamento e os restantes 39 do 2º 3º e 4º agrupamentos.

Consideramos assim que terá pouco interesse a identificação das ideias dos alunos se isso não se traduzir numa intervenção que as tenha em conta na sua programação e planificação.

Faria e Duarte (1988) indicam algumas sugestões que podem ser seguidas para o tratamento didático de ideias alternativas dos alunos, nomeadamente:

- planificar* o processo de ensino-aprendizagem de acordo com as ideias alternativas que as crianças evidenciam;
- explorar* experiências vividas pelas crianças, através das quais adquiriram as ideias alternativas, de forma a que repensem e modifiquem os seus pontos de vista confrontando-os com pontos de vista diferentes;
- *conceber* actividades que encorajem as crianças a reconsiderar ou modificar as suas ideias.

Reflectindo sobre as estratégias promotoras de mudança conceptual, consideramos que qualquer planificação orientada nesse sentido pressupõe, essencialmente, uma mudança metodológica em relação aos modelos tradicionais (Gil, 1993 citado em Laburu, 1996, p. 94).

Em relação à programação e planificação de unidades didácticas têm surgido recentemente algumas sugestões que contemplam estratégias cognitivas de acordo com o modelo de mudança conceptual⁴⁷. A nossa planificação procurou, de alguma forma, proporcionar essas estratégias, em que o aluno adquira capacidade para “gerir os processos de aprender e pensar” (Gagné e Briggs, 1976, p.62).

⁴⁷ Sánchez e Pérez (1993), numa perspectiva integradora, apontam algumas sugestões para o desenho de unidades didácticas na área das ciências experimentais, segundo as quais este se deve basear na natureza da ciência, na competência do professor e na natureza do processo de ensino/aprendizagem (p. 34)

Na sequenciação⁴⁸ de conteúdos, procurámos também utilizar “técnicas indutivo-dedutivas” (**Anexo 3**) que, supondo uma importante aproximação à metodologia científica, partem umas vezes dos factos, exemplos e experiências para fundamentá-los em conceitos teorias e princípios e outras vezes o inverso, desde os conceitos mais amplos procura-se chegar aos factos e desta maneira explicá-los. (Pérez e López, s.d, p. 145).

De modo genérico, a nossa planificação (**Apêndice 7.1**) baseou-se em linhas gerais, no modelo proposto por Marques (1994) e Freitas (1995) em relação à qual considera a incompatibilidade entre o modelo de mudança conceptual e o “modelo clássico de planificação linear” (p. 197).

Em termos gerais, esta planificação contempla, numa primeira fase, a detecção das ideias prévias dos alunos, seguindo-se a procura em promover o conflito conceptual pela exploração de actividades variadas que ponham em causa essas ideias prévias e se inicie a apresentação das concepções científico-curriculares. A esta fase segue-se a apresentação dos conceitos científicos, de acordo com o que está curricularmente previsto e na qual se avalia a amplitude das diferenças entre as concepções prévias dos alunos e os conceitos científico-curriculares. Propõem-se finalmente actividades que se traduzam na avaliação da mudança conceptual eventualmente operada.

Em termos de estratégias curriculares propostas, foram adoptados os princípios definidos por Marques e Thompson (1997) e que implicam o desenvolvimento de três fases fundamentais: “Fase de elicitação, investigação e reconstrução/consolidação” (p.

⁴⁸ Sequências idênticas têm sido propostas em diversos domínios, nomeadamente na biologia. (Banet e Nunez 1997) propondo outros autores sequências de ensino semelhantes embora atribuam designações diversas, nomeadamente. Gama (1991) fala no ciclo de aprendizagem proposto por Robert Karplus no qual identifica que prevê uma sequência de quatro fases implicadas no processo de aprendizagem : exploração, aplicação, extensão e avaliação.(p. 138). Este ciclo é, na opinião do autor, extensivo quer à planificação uma unidade de ensino, quer à construção de materiais de ensino/aprendizagem.

44). Considerando estes princípios, as grandes linhas orientadoras da planificação contemplam a necessidade de articular e detalhar algumas linhas de actuação quer para o professor, quer para o aluno, no sentido de, em conjunto e de uma forma criativa e inovadora, se potenciar a mudança conceptual nos alunos.

5.2.5 - A ELABORAÇÃO DOS MATERIAIS A UTILIZAR NA SALA DE AULA

Como já foi referido e, na sequência da informação obtida através do questionário, em particular as ideias alternativas identificadas, procedeu-se à elaboração de algumas actividades que contribuíssem para modificar as opiniões dos alunos que constituíam, supostamente, obstáculo à aquisição dos conceitos cientificamente correctos. Procurou-se que as actividades, entre outros aspectos, promovessem o conflito cognitivo nos alunos relativamente às ideias manifestadas e consideradas necessárias à mudança, tendo em vista a sua aproximação à versão cientificamente correcta.

Foram elaboradas algumas actividades, que se encontram no **Apêndice 7.7**, referentes aos diversos conteúdos do tópico em estudo. Estas procuravam responder às condições iniciais de aprendizagem, manifestadas através dos instrumentos de diagnóstico utilizados.

O *Desenho* das actividades, enquadrado na perspectiva que temos vindo a referir pressupõe como princípio a necessidade de criar condições didácticas para que os alunos reflectam sobre as suas ideias (Pozo, 1990, CD/ROM). Hewson e Beeth (1995) consideram, nesse sentido, que essas ideias terão de ser claramente explicitadas e fazer parte do debate na aula, quando afirmam: “no ensino para uma mudança conceptual é

necessário que se tornem explícitas as distintas opiniões dos distintos integrantes da aula sobre o tema” (p.26).

As actividades propostas pretenderam proporcionar situações problemáticas em que se desejava que os alunos procurassem a sua resolução, passando pela “detecção e definição do problema, formulação e verificação das hipóteses e incorporação da solução na estrutura cognitiva” (ibid. p. 2) . A vantagem da elaboração das actividades, tendo em conta as ideias dos alunos reside, por outro lado, em “evitar que os problemas propostos não sejam entendidos pelos alunos” (Osborne e Tasker citado em Caballer e Oñorbe, 1997, p. 114).

Valorizando a técnica de resolução de problemas e partilhando a opinião de Garcia e Garcia (1993), consideramos que o tratamento de problemas pode facilitar a aprendizagem na medida em que :

- se explicita e põem à prova as concepções dos alunos implicadas na situação-problema;
- reforça a interacção dessas concepções com outras informações procedentes do ambiente físico e social;
- possibilita que nessa interacção se reestruem as concepções do aluno, favorecendo ainda a reflexão sobre a própria aprendizagem e a avaliação das estratégias utilizadas e dos resultados obtidos.

Neste contexto procuraram ainda valorizar-se as situações problemáticas que partem do conhecimento quotidiano e de problemas em termos pragmáticos. Tal prática pode, em nosso entender, facilitar ainda mais a aproximação das concepções do aluno às concepções próprias do saber científico.

5.2.5.1 - As Fichas de Trabalho

As fichas de trabalho elaboradas encontram-se no **Apêndice 7**. Como já foi referido, estas actividades começam por apresentar situações que procuram criar conflito com as ideias defendidas inicialmente, tendo-se tido o cuidado de que não se encontrassem demasiado afastadas dos esquemas de conhecimento do aluno, nem tão próximas que pudessem ser resolvidas sem qualquer dificuldade (Escaño e Serna, 1994, p. 137).

Cada ficha de trabalho apresenta, em seguida, algumas questões que procuram levar o aluno a reflectir nas suas opiniões iniciais e nas respostas às primeiras questões.

As questões finais de cada actividade apresentam uma formulação idêntica à apresentada no questionário geral, procurando desde logo verificar se houve alguma modificação nas opiniões iniciais. Pretende-se assim, de alguma forma, incluir o *reconhecimento*, a *reflexão* e a *reconstrução* do conhecimento por parte do aluno.

Tendo em conta que as fichas de trabalho tinham também como objectivo principal apresentar situações problemáticas, algumas actividades procuravam criar uma representação o mais adequada possível do problema proposto. Por exemplo, na actividade nº 2, em que era utilizada uma carta de isossistas, esta permitiria uma melhor avaliação da intensidade sísmica nas localidades indicadas, seguido-se critérios idênticos aos propostos por Rebollo (1996), para uma actividade idêntica.

Na actividade nº 4, relativa à distribuição dos focos sísmicos pelo planeta, adoptamos a mesma estratégia que Cruz (1996, p. 64), segundo a qual a representação

do aluno acerca da forma como se distribuem os focos sísmicos é facilitada se for pedido aos alunos que, sobre *mapas mundi*, localizem as zonas sísmicas.

Para além das vertentes já referidas, valorizando também os aspectos epistemológicos da construção do conhecimento científico (Praia e Cachapuz 1997), e ainda convictos de que essas referências auxiliam os alunos a erradicar as suas ideias alternativas, tivemos o cuidado de elaborar alguns materiais utilizando, tanto quanto possível, uma perspectiva histórica como, por exemplo, na referêncncia às escalas de avaliação da intensidade sísmica (**Apêndice 7.7**).

5.2.5.2 - Outros Materiais

Para além das fichas de trabalho, foram também utilizados outros materiais, nomeadamente transparências e modelos (**Apêndice 7.7**), que eram utilizados ao mesmo tempo em que se desenvolviam as actividades e que seriam apresentadas sempre que as dúvidas dos alunos exigissem uma intervenção do professor. A utilização deste material didáctico procurava facilitar aos alunos a representação dos conceitos que estavam nesse momento a ser abordados.

Reconhecendo também a importância dos modelos para auxiliar a representação mental dos alunos como sugere Andrade (1991), procedemos à elaboração de maquetas representativas do modelo de estrutura interna da Terra e de limites de placas (**Apêndice 7.7**).

Em resumo, e à semelhança de Carmen (1997), procurámos, sempre que possível, diversificar os recursos materiais ao dispor dos alunos, utilizando, muitas vezes, diversos recursos didácticos em simultâneo.

5.2.6. A IMPLEMENTAÇÃO DO ESTUDO NO CONTEXTO DA SALA DE AULA

Durante o desenvolvimento do estudo no contexto da sala de aula, procurou-se estar atento aos processos de construção de conhecimento por parte dos alunos.

A natureza da nossa investigação conduzia-nos a preocupações, não só com o produto, mas também com o processo de aprendizagem. Nesse sentido, é no decurso dos acontecimentos que vão surgindo na sala de aula que emergem os aspectos mais importantes para o nosso estudo. A observação participante assume então uma importância crucial. De facto, como consideram Cohen e Manion (1989 citados em Bell, 1997), os testemunhos que emergem são muitas vezes idiossincráticos e, como tal, exigem o reconhecimento de que as atitudes e comportamentos são próprios de cada indivíduo e que o seu conhecimento é construído de modo individual.

Admitindo que, relativamente ao docente a implementar o estudo, seria vantajoso contar com a colaboração de um colega nosso, deparámo-nos com uma dificuldade. Seria necessário proceder à sua formação de acordo com os princípios didáticos próprios do estudo. Tendo em conta os diversos constrangimentos organizacionais entretanto surgidos, nomeadamente horários e turmas disponíveis, tal afigurou-se-nos impossível de concretizar no tempo de que dispúnhamos. Optou-se assim por ser o próprio investigador a desenvolver o estudo numa das suas turmas.

Do que acima referimos podemos considerar que se adoptou uma perspectiva de professor-investigador. Consideramos, como Osborne e Freyberg (1991b), que grande parte do êxito da experimentação didáctica pressupõe uma partilha de resultados sobre as ideias dos alunos e o seu modo de pensar discutindo os êxitos e os fracassos.

Consideramos ainda que é cada vez mais necessário que o professor reflita sobre a sua prática. Pesquisar em ensino é sobretudo “reflectir criticamente sobre a prática docente” (Moreira, 1990, p. 89).

Em particular no contexto da sala de aula, Erickson (1986 citado em Moreira, 1990), considera que:

“ o Professor(...) pode aprender a formular as suas próprias questões, a encarar a experiência diária como dados conduzindo a respostas a essas questões, procurar evidências não confirmadoras, considerar casos discrepantes, e explorar interpretações alternativas” (ibidem)

Referindo-nos agora, de modo breve, aos princípios genéricos da nossa actuação, procurámos agir, na convicção de que não é possível mudança conceptual sem mudança metodológica (Carrascosa e Gil, 1985). Como tal a nossa intervenção na sala de aula procurou centrar-se essencialmente nos aspectos metodológicos.

Valorizou-se o trabalho de grupo⁴⁹, pois consideramos que o debate entre iguais pode desempenhar numerosas funções no processo de construção do conhecimento, proporcionando a explicitação das ideias que exteriorizadas e postas à reflexão e comprovação, serão mais facilmente modificadas quando impeditivas da aquisição do correcto conhecimento científico. Na opinião de Driver (1993), o trabalho em grupo proporciona uma situação em que as pessoas “clarificam as suas próprias noções no processo de discussão com os outros” (p. 321). Bordenave e Pereira (1991) consideram também que a discussão em pequeno grupo sobre tarefas cuidadosamente desenhadas, “a partir das opiniões dos próprios alunos”, proporciona oportunidades de discutir ideias que estão a ser desenvolvidas e utilizadas, promovendo a participação individual (p. 154). Novak (1981) considera ainda que o grupo de discussão pode

⁴⁹ Existem algumas propostas de “programas-guia” em que é valorizado o trabalho em grupo e são desenvolvidas sequências de ensino em que os alunos trabalham em grupo AAVV (1988).

proporcionar a identificação de lacunas ou deficiências nas estruturas conceptuais dos alunos.

Tendo em conta que o trabalho de grupo pode assim “guiar o indivíduo para obter nele um progresso pessoal” , Nérici (1991, p. 233) admite que os grupos de estudo apresentam entre outras as seguintes vantagens:

- incentivam o sentimento de participação mútua;
- estimulam a circulação de ideias;
- conseguem maiores recursos para a solução de problemas;
- incentivam o “ver” as questões de outros pontos de vista;
- ensinam a pensar;
- favorecem a aprendizagem na medida em que propicia melhor assimilação, integração e actividade reflexiva.

5.2.7 - A AVALIAÇÃO DA MUDANÇA CONCEPTUAL

A última etapa da investigação consistiu na apreciação da mudança conceptual dos alunos submetidos ao nosso estudo. Conforme proposto por Clavel e Duarte (1997), esta apreciação foi feita recorrendo a mapas de conceitos e questionários fechados. O recurso a estas duas técnicas⁵⁰ poderia dar-nos mais informações acerca da mudança conceptual dado que, enquanto que com a análise dos mapas de conceitos obteríamos dados de carácter mais qualitativo, os questionários dar-nos-iam uma informação mais quantitativa. Isto é, poder-se-ia realizar uma apreciação mais exacta da mudança conceptual na turma mediante a utilização de questionários enquanto que os mapas de conceitos nos permitiriam uma apreciação mais individualizada dos alunos, em particular das suas conceptualizações

5.2.7.1 - A Aplicação de Mapas de Conceitos

A elaboração dos mapas de conceitos ocorreu em dois momentos. A primeira aplicação, como referimos na secção 5.2.1., em Março e a segunda em finais de Maio, depois de ter sido concluída a nossa intervenção na sala de aula e a leccionação da unidade. Em ambos os casos, houve o cuidado de tentar evitar que os alunos tomassem conhecimento prévio de tal actividade, ao mesmo tempo que se tentou evitar o diálogo entre os alunos na sua elaboração. Para tal, estes foram informados de que o valor da actividade residia precisamente no facto de cada um dever tentar realizar o melhor possível o mapa de conceitos e que o mesmo traduzisse as suas ideias no que respeita à articulação entre esses conceitos

5.2.7.2 - A Aplicação do Questionário

Em Setembro, aplicámos aos alunos aos quais efectuámos a nossa intervenção um questionário fechado (**Apêndice 3**). Este questionário foi construído tendo por base as respostas obtidas no questionário aberto. Muitos dos distractores das diversas questões que se utilizaram como alternativas de resposta ao questionário fechado expressavam a opinião dos alunos às questões colocadas no questionário aberto, aplicado em Abril. Considerámos que o melhor caminho para construir as questões de um questionário destinado a apreciar a mudança conceptual seria, seguindo os mesmos critérios de actuação, partir das opiniões dos alunos, confrontando-os com as suas primeiras representações, muitas delas afastadas da versão considerada cientificamente correcta.

⁵⁰ a que nos referimos com mais detalhe nas secções 5.3.1. e 5.3.2.

5.3 - OS INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA INVESTIGAÇÃO

Foram vários os instrumentos utilizados na investigação. Enquanto que uns se destinavam a obter dados, constituindo-se como instrumentos de recolha de informação, outros foram utilizados essencialmente como instrumentos de trabalho, usados durante a aplicação do modelo didáctico. Tendo já sido feita referência aos materiais utilizados durante a aplicação do modelo na sala de aula na secção 5.2.5.1. e 5.2.5.2., referimo-nos aqui apenas aos instrumentos de recolha de dados considerados na investigação.

5.3.1 - OS QUESTIONÁRIOS

Partilhando a opinião de Ghiglione e Matalon (1993), que o inquérito por questionário permite “suscitar um conjunto de discursos individuais e, em seguida interpretá-los”(p. 14), esta foi a técnica escolhida para conhecer a opinião dos alunos acerca dos conceitos envolvidos no estudo e em relação aos quais pretendíamos detectar o conhecimento prévio dos mesmos. Considerámos que a técnica de inquérito seria a mais adequada aos objectivos da investigação, na medida em que esta permite “compreender fenómenos como (...) as opiniões (...) e as representações (...) que só são acessíveis de uma forma prática pela linguagem” e que só raramente se exprimem de forma espontânea (ibidem).

A questão que se colocou, a seguir, foi a de determinar qual o *instrumento* a utilizar tendo em conta os objectivos e também os conteúdos sobre os quais incidiam o nosso estudo.

Diversos instrumentos de diagnóstico de ideias prévias têm vindo a ser propostos por diversos investigadores neste domínio. Desde o recurso às expressões gráficas dos

alunos como propõem Arnold et al. (1995), para identificar concepções destes acerca da forma da Terra e do campo gravítico, ou como Bévía (1994), para a estrutura interna da Terra, origem das montanhas, origem das rochas e origem dos fósseis, até às técnicas que outros designam genericamente por “técnicas de papel e lápis” (Loureiro e Costa 1995, p. 249), existem as *técnicas de “conhecimento declarativo –mapas de conceitos”* pelas quais optámos, tal como Martins (1989, citado em Loureiro e Costa, 1995, p. 250) bem como os *questionários*, como Nunes (1997) e Cubero (1993).

Em seguida, a questão que se nos colocou foi a de optar por *questões abertas ou fechadas*. Tal opção implicaria pensar na extensão da amostra e no tipo de tratamento de dados. Optámos, como Marques e Thompson (1997), pela utilização de questões abertas, o que possibilitaria aos alunos uma “resposta livre” (p. 32). Tal alternativa permitiria ainda explorar as representações gerais que o aluno tem (Cubero, 1993) bem como a maior diversidade possível de opiniões dentro do conjunto de alunos escolhido para a amostra. Por estes motivos optou-se pelo questionário aberto.

Relativamente ao tipo de *tratamento de dados* e considerando que existem na literatura diversos métodos de recolha e análise no campo das conceptualizações dos alunos, optámos por um estudo de natureza essencialmente ideográfica (Erickson, 1979), a que nos referimos com mais detalhe no próximo capítulo.

No procedimento, aplicámos o questionário a um conjunto 113 alunos, considerando que a identificação das suas ideias nos permitiria identificar as representações mais persistentes e saber, ao mesmo tempo, se essas ideias seriam qualitativamente semelhantes entre os alunos da turma que elegemos para realizar a nossa investigação.

5.3.1.1 - O Questionário Aberto para Identificação das Ideias Prévias dos Alunos

Como referimos atrás, defendemos as perguntas abertas que permitem ao investigador, entre outras coisas, “revelar as representações, que em muitos casos podem voltar a ser retomadas e explicitadas em detalhe” (Giordan e Vecchi, 1995, p. 126). Além disso, as perguntas abertas possibilitam que as respostas não estejam em relação “excessivamente directa com as expectativas do investigador” (ibid. p. 131), isto é, a formulação de perguntas abertas não restringe a opinião dos alunos ao contrário de um questionário fechado em que o respondente tem de limitar-se às opções indicadas e, muitas vezes, construídas segundo a lógica de quem constrói o questionário.

Vários têm sido os contextos em que se têm aplicado questionários abertos. Têm sido utilizados antes de os alunos terem tido contacto com os conteúdos a que o questionário se reporta, mas também têm sido utilizados para identificar as ideias dos alunos que já estiveram expostos ao ensino (Watson Prieto e Dillon, 1995), ou mesmo para identificar concepções intuitivas, como sugerido por Nunes (1997). Os questionários abertos podem ainda ser utilizados, por exemplo, como um instrumento diagnóstico da mudança conceptual (Clavel e Duarte, 1997, p. 370).

Os critérios para a sua elaboração

Um dos critérios mais importante prendeu-se com a pretensão de obter para cada questão a maior diversidade possível de respostas. Por isso, considerámos que, como já referimos e reafirma Foddy (1996), “nos casos de investigações que recorrem a metodologias qualitativas, as perguntas abertas produzem frequentemente uma enorme diversidade de respostas” (p. 19).

As perguntas abertas permitem, aos inquiridos expressarem-se pelas suas próprias palavras, não sugerindo respostas e indicando o nível de informação que os inquiridos dispõem. Indicam também o que é para eles mais relevante e evitam o efeito de formato dos questionários fechados, tais como a “tendência para preferir os valores intermédios da escala de avaliação proposta;(…) para optar por respostas socialmente mais aceitáveis e desejáveis ou para escolher a opção que se lê em primeiro lugar” (ibid., p. 365).

As perguntas do questionário

As perguntas do questionário que se encontra-se no **Apêndice 2** tinham obviamente um objectivo preciso: a identificação das ideias prévias dos alunos. O demorado processo de validação decorreu, nesse sentido, da tentativa de aproximar o mais possível o enunciado da questão àquilo que pretendíamos “retirar” do aluno acerca dos diversos conteúdos em estudo. Como objectivo mais genérico, o questionário pretendia averiguar as representações dos alunos em relação a determinados conteúdos considerados “pré-requisitos” para as novas aprendizagens.

Teve-se o cuidado de , sabendo que a resposta não está prevista, tentar que as perguntas fossem “facilmente compreendidas, destituídas de ambiguidade e de duplos sentidos” (Albarelo et al., 1995, p. 53).

Indicam-se, em seguida, as questões e os pressupostos subjacentes quer à sua formulação, quer ao objectivo pretendido com cada uma.

Questão nº 1.1. – No texto é referida a ocorrência de um sismo. O que é para ti um sismo ou terramoto?

Esta questão pretendia averiguar qual a representação que o aluno tem do conceito de sismo. Para detectar eventuais obstáculos que impedissem correcto entendimento do conceito cientificamente considerado, esta questão surgia num contexto em que era apresentada uma situação de ocorrência sísmica, sendo depois pedido ao aluno que indicasse o que entendia por sismo.

Tentou-se evitar que os alunos não deixassem de responder por não conhecerem, eventualmente, o termo sismo; por isso se indicou um termo sinónimo –terramoto⁵¹.

Com a *questão 1.2. – Em tua opinião quais são as causas dos sismos?*, pretendia-se, por um lado, identificar nos alunos o conhecimento já adquirido nas aprendizagens anteriores, nomeadamente ao nível do 7º ano de escolaridade relativamente à causa dos sismos e, ao mesmo tempo, detectar eventuais ideias alternativas acerca deste conteúdo.

Na *questão 1.3. – Quais terão sido as fontes de informação para descrever o sismo referido no texto?*, pretendia saber-se qual a opinião dos alunos acerca do modo como é obtida a informação para a caracterização de um sismo, nomeadamente parâmetros de avaliação e modo de obtenção de dados que permitam essa avaliação.

Tendo em conta os diversos factores que afectam a intensidade e a magnitude de um sismo, pretendíamos em seguida saber se os alunos tinham a noção de que estes parâmetros estão condicionados por variáveis de diversa ordem, nomeadamente factores geológicos, ocupação humana etc., Assim, na *questão 2.1., Em tua opinião o sismo far-se-á sentir nos pontos B e C da mesma forma? Justifica a tua resposta.*, apresentava-se um planisfério, no qual, se representavam três pontos colocados em diferentes continentes (**Apêndice 2.1**) e em que era pedido aos alunos que dessem a sua opinião

⁵¹ embora alguns autores reservem o termo para sismos ocorridos na crosta continental (Freitas et al. , 1996).

no sentido de saber se consideravam que o sismo ocorrido num dos pontos se propagava a outros. Pretendia-se ainda saber a opinião dos alunos acerca da forma como consideravam que este seria sentido nesses pontos. A nossa atenção centrou-se na identificação das variáveis apontadas pelos alunos.

Relacionada com a situação apresentada, pretendia-se ainda identificar como é que os alunos encaram a propagação da energia sísmica, uma vez que a representação da forma como se dá a propagação sísmica influencia, em nosso entender, a forma como é idealizada a estrutura interna da Terra pelos alunos.

Sendo nossa convicção de que os alunos tendem a considerar que magnitude é o mesmo que intensidade e que essa ideia acaba por ser partilhada por um número bastante elevado de indivíduos, mesmo após o ensino formal, entendemos colocar a questão 3.1., *No extracto do texto é referido que o sismo atingiu uma magnitude de 7,9 na escala de Richter. O que entendes por magnitude do sismo?*

Procurando averiguar a representação dos alunos acerca do forma como ocorre a distribuição pelo planeta das principais zonas sísmicas, pretendemos saber se os alunos associavam essas zonas com zonas de limite de placas ou se consideravam que essa distribuição ocorria de modo homogéneo, tentando ainda averiguar as razões apontadas. (*Q. 4 Na tua opinião em que zonas ou regiões da Terra podem ocorrer sismos? /Q.4.1. Justifica a resposta que deste anteriormente.*

Finalmente pretendíamos saber, na questão nº 5, *Por que é que é importante estudar a ocorrência de sismos?*, qual a opinião dos alunos acerca da utilidade que estes atribuem aos estudos dos sismos.

5.3.1.2 - O Questionário Fechado para Apreciação da Mudança Conceptual dos Alunos

Jorba e Sanmartí (1997) consideram que, embora os questionários abertos facilitem a verbalização das formas de interpretar o problema ou fenómeno por parte de cada estudante (p. 175), proporcionam ao mesmo tempo muita informação, que é difícil de analisar de forma rápida.

Tendo sido previamente elaborado e aplicado um questionário aberto, foram obtidas informações relevantes que permitiram elaborar um questionário fechado na lógica do aluno.

Parece-nos adequado que, quando se utiliza um questionário fechado para apreciar mudança conceptual, ele tenha como base de elaboração a inclusão de distractores que tenham tido em conta “ as distintas posições dos alunos obtidas a partir de respostas reais (...) dos alunos a perguntas abertas” (ibid., p. 179)

Assim, foi elaborado um questionário fechado com base nos seguintes critérios:

- considerando que iríamos dispor de dois instrumentos para apreciar a mudança conceptual dos alunos, e optando por utilizar um instrumento que fornecesse uma informação mais quantitativa (questionário) e uma informação mais qualitativa (mapa de conceitos), o questionário fechado permitia-nos obter os dados desejados relativos à apreciação da modificação conceptual;

- as questões apresentadas propunham referir-se aos mesmos conteúdos que os indicados para o questionário aberto, embora a formulação das questões fosse obviamente diferente. Isto é, teríamos que avaliar o mesmo conteúdo com recurso a itens de avaliação idênticos mas de diferente formulação;

- a construção dos distractores foi estabelecida, como se disse, tendo em conta as respostas obtidas no questionário aberto. Partindo do princípio que pretendíamos saber

se tinha havido mudança de ideias, deveríamos proporcionar aos alunos o confronto com as suas ideias anteriores. Ora, os distractores das questões estariam mais adequados se revelassem ideias em que uma grande percentagem de alunos as considerasse válidas. Tal aconteceu em particular na questão nº 5 e nº 7 em que alguns distractores estão, por si só, cientificamente “errados” no seu enunciado pois foram utilizadas expressões dos próprios alunos que as referiam em grande percentagem no questionário aberto;

-algumas questões possuíam mais que uma opção certa, mas havia entre estas algumas opções que seriam mais correctas que outras. Entendemos que se tivéssemos optado por uma alternativa correcta em cada questão e se as restantes fossem claramente erradas, estaríamos à partida a conferir menor validade no instrumento utilizado. Isto é, uma opção claramente certa em conjunto com as restantes claramente erradas, contribuiria, certamente, para que houvesse uma maior probabilidade de acerto.

5.3.2 - O MAPA DE CONCEITOS

Como referimos na primeira parte, o ensino de conceitos ocorre pela aplicação de modelos de aprendizagem desenvolvidos por autores como Hilda Taba, David Ausubel, Jerome Bruner ou Robert Gagné (citados em Silva, 1988, p. 219). No entanto, é com Novak e Gowin (1988) que mais se têm vindo a divulgar as técnicas de aprendizagem de conceitos – mapas de conceitos, que têm vindo a ser cada vez mais generalizados e utilizados em estratégias de raiz construtivista (Costa et al., 1997, Ontória et al., 1994, Reis, 1996, Contreras, 1997).

Consideramos que uma das melhores maneiras de ajudar os alunos a aprender significativamente é ajudá-los a que vejam a natureza e o papel dos conceitos e as

relações entre eles, tal como existem na sua mente e fora dela. Para isso é importante passar para a escrita a relação entre conceitos⁵².

Os mapas de conceitos assumem a grande vantagem de, para além de investigar a estrutura cognitiva dos alunos⁵³, poderem ajudar a avaliar aprendizagens dos alunos que traduzam “relações significativas” entre os conceitos (Costa et al., 1997, p. 14). Para além disso, consideramos também que os mapas conceptuais permitem detectar as “ideias prévias” (Reis 1996, p. 119) dos alunos e a forma como estão organizadas. Aliás, a primeira aplicação dos mapas de conceitos serviu também este objectivo.

Neto (1997e) considera também que o mapa de conceitos interessa, particularmente, para “estudar e caracterizar o modo como o conhecimento, essencialmente o conhecimento declarativo, “factual, conceptual ou preposicional”, se constitui, se organiza e se estrutura logicamente na memória a longa duração (p. 5), ou para avaliar a evolução conceptual.

Numa perspectiva mais vasta, Happs (1985) indica-nos que os mapas de conceitos podem ainda assumir-se como estratégia, método e recurso.

Como estratégia, embora simples mas poderosa, ajuda os estudantes a aprender e os educadores a organizar os materiais que serão objecto desse estudo (Novak e Gowin, 1988, citado em Ontória et al., 1994, p. 27); *como método*, a construção dos mapas conceptuais ajuda os estudantes e educadores a captar o significado dos conteúdos que se vão aprender; *como recurso*, constitui-se como um esquema para representar um conjunto de significados conceptuais incluídos numa estrutura de preposições.

⁵² Como sugerem Novak e Gowin (1988) a propósito dos mapas conceptuais para a “aprendizagem significativa” (p. 33)

⁵³ Cachapuz (1988) propõe a utilização de testes de associação de palavras (TAP) para investigar a estrutura cognitiva dos alunos sobre temas de Ciências.

Moreira (s.d.) alerta, contudo, para a necessidade que há que estar ciente que um mapa conceptual deverá ser sempre visto como “um mapa conceptual” e não como “o mapa conceptual” de um conjunto de conceitos. Isto é, qualquer mapa de conceitos deve ser visto apenas como “uma das possíveis representações de uma certa estrutura cognitiva” (p. 15).

No nosso estudo, houve a preocupação de ensinar aos alunos esta técnica muito antes de vir a ser utilizada como um dos instrumentos que serviria para nos fornecer dados para a investigação em curso. Ao longo das aulas, os alunos aprenderam as regras de elaboração de mapas de conceitos nomeadamente tendo recorrido a algumas das mais elementares referidas por autores como Costa et al., (1997 p. 15); Ontória et al., (1994, pp. 39-40); Novak e Gowin (1988, pp.53-55). Na elaboração do mapa de conceitos, foi entregue uma listagem de conceitos (**Apêndice 8.1**) acompanhados de algumas instruções, nomeadamente as seguintes:

- cada termo/conceito só poderia ser escrito uma vez;
- a ligação entre os conceitos deveria traduzir-se numa proposição;
- as palavras ou frase de ligação seriam as que o aluno entendesse as vezes que considerasse necessárias, bem como os elos de ligação entre os conceitos;
- na listagem fornecida, os conceitos estavam seriados ao acaso e não dos mais gerais para os mais específicos, ou vice-versa.

A aplicação dos mapas ocorreu em dois momentos: Março e Maio, e solicitou-se ainda que os alunos explicitassem, no final de cada mapa de conceitos, as principais dificuldades sentidas na sua construção, como sugerem alguns autores (Rebelo et al., 1995) e emitissem uma opinião acerca dos mapas produzidos (1ª versão e 2ª versão) por comparação com um mapa que se considerou responder a uma possibilidade

adequada à versão cientificamente correcta e que só foi fornecida aos alunos no final **(Apêndice 1)**.

5.3.3 - OS MATERIAIS CURRICULARES PRODUZIDOS

Foram ainda utilizados na investigação materiais que foram produzidos e aplicados na sala de aula. O princípio que presidiu à sua elaboração foi ter em atenção os resultados da aplicação do questionário ao grupo de alunos que viria a ser alvo de intervenção. Estes viram assim contempladas as suas opiniões, tendo em vista a aprendizagem pretendida. Foram elaboradas fichas de trabalho, a que já nos referimos de modo detalhado na secção 5.2.5

5.4 - A VALIDAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

A apreciação dos questionários foi submetida a um painel de juizes de que fizeram parte quatro docentes universitários especialistas nas áreas da Didáctica, Metodologia da Investigação e Geofísica os quais procederam à apreciação das questões do ponto de vista da sua adequação aos objectivos da investigação, bem como ao necessário rigor científico relativamente àquilo que se iria considerar como resposta cientificamente adequada para o questionário aberto e fechado.

Este foi um processo moroso e complexo, principalmente para o questionário aberto, pois, embora se tratasse de questões abertas, exigiu diversas reformulações, tendo em conta que o enunciado das mesmas deveria, por um lado, evitar que fornecesse indicações de possíveis respostas e, por outro, fosse interpretado de modo a obter o

conteúdo que realmente pretendíamos para essa questão. Tratava-se de conhecer opiniões associadas a conhecimento científico e não simples opiniões intuitivas.

Capítulo VI

RESULTADOS

Huberman e Miles (citados em Neto, 1997d), referindo-se aos resultados obtidos a partir de dados qualitativos, consideram que, ao invés do que acontece com as abordagens quantitativas, estes se apresentam ao investigador bastantes “sedutores” (p.1) na medida em que:

- permitem descrições, explicações e interpretações “ricas”;
- respeitam a individualidade o contexto e a temporalidade de cada situação;

Estes aspectos merecem, da nossa parte, especial atenção e, nesse sentido, o modelo de análise seguido neste estudo, de natureza essencialmente ideográfica, inscreve-se, em grande parte, no contexto dos modelos de análise qualitativa.

Relativamente à análise de dados propriamente dita, tendo em conta, por um lado, a natureza do estudo empreendido e os dados obtidos e, por outro, o “referencial teórico que fundamenta e orienta o desenvolvimento da análise de conteúdo” (Vala 1991, citado em Azevedo e Azevedo, 1994, p. 31), o aspecto mais importante da análise prende-se com a definição de categorias e procedimentos de quantificação.

Assim, no que respeita à categorização efectuada, teve-se em conta a convicção de que as concepções dos alunos são individuais e que estes desenvolvem ideias diferentes dos “conceitos científicos curriculares” (Freitas, 1987, p. 322). Procurou-se assim uma definição de uma categorização que fosse, tanto quanto possível, de tipo interpretativa, na qual, para além de se atribuir uma dada característica a um segmento de texto ou unidade de significado, próprio das categorias descritivas, lhe introduzíssemos alguma inferência. Isto é, que nos possibilitasse a interpretação desse segmento de texto ou unidade de significado.

6.1- AS IDEIAS DOS ALUNOS ACERCA DO TÓPICO EM ESTUDO

6.1.1- A ANÁLISE DE CONTEÚDO: INVENTÁRIOS CONCEPTUAIS

A perspectiva teórica em que se insere a análise de conteúdo neste estudo é, como já referimos, de natureza essencialmente ideográfica (Driver e Easley, 1978, citado em Serrano, 1996, p. 74), pois a análise é conduzida segundo padrões e critérios dos próprios alunos.

As conceptualizações dos alunos são assim analisadas em si mesmo, ou seja, como refere Veiga (1991), sem utilização de qualquer sistema de avaliação definido externamente como referência, procedimento aliás próprio dos estudos ideográficos (Erickson, 1979).

Tendo ainda em consideração que não se pode considerar a existência de um modelo de análise de conteúdo consensual, mais uma vez nos pareceu que o modelo proposto por Erickson (1979) seria o mais adequado a este estudo, como o fazem também Serrano (1996) e Martins (1988), estabelecendo *inventários conceptuais*. Este método “indutivo” e essencialmente “descritivo” (Serrano, 1996, p. 73) torna-se vantajoso em relação a outros, dado que as inferências a fazer são mais reduzidas e não exige tratamentos de análise demasiado complexos.

De modo sumário, o modelo de análise adoptado consiste na identificação de ideias comuns entre os respondentes que terão estado na base da explicitação das respostas dadas perante determinadas situações. O procedimento de análise contempla, no essencial, três etapas:

- selecção de segmentos de informação que constituam tentativas de resposta às questões ou situação-problema apresentadas;

- listagem dos segmentos seleccionados utilizando, tanto quanto possível, a linguagem dos respondentes (Cubero, 1993, p. 32), sendo em seguida agrupados em categorias de conteúdo sempre que se justifique;
- construção das categorias de resposta por um processo inferencial.⁵⁴

Estabelecimento das categorias de resposta

Para além dos aspectos já referidos, a categorização efectuada partiu dos seguintes pressupostos:

- todo o conteúdo das respostas dos alunos é relevante para a análise;
- os alunos utilizaram, perante as situações-problema apresentadas, os conhecimentos conceptuais que consideraram mais relevantes e adequados a cada situação;
- a resposta dada pelos alunos traduz a sua melhor resposta, tendo-se considerado que foram sinceros e imparciais na resposta que emitiam.

No processo de categorização, procurou-se ainda, tanto quanto possível, a articulação das ideias inferidas a partir das respostas dadas e das ideias que faziam parte da resposta adequada (Serrano, 1996).

Procurou-se que as categorias apresentassem qualidade, nomeadamente a exclusão mútua, segundo a qual cada categoria deve ser construída de tal maneira que “um elemento não possa ter dois ou vários aspectos susceptíveis de fazerem com que seja classificado em duas ou mais categorias” (Bardin, 1995, p. 120). Preocupámo-nos também com a pertinência da categorização, procurando que o sistema de categorias reflectisse as “intenções da investigação” (ibidem).

⁵⁴Watson Prieto e Dillon (1995), num estudo de concepções dos alunos sobre combustão, utilizam um questionário aberto e procedem à criação de categorias de resposta por um lado baseados nas respostas dos alunos e por outro em categorias previamente definidas (p. 64)

6.1.1.1 - Análise de Dados do Questionário Piloto

Far-se-á de seguida uma apreciação das respostas ao questionário piloto, cujos resultados obtidos se encontram referidos no **Apêndice 4**, e que nos serviram de indicação para algumas correcções no questionário, tendo em vista o estudo principal.

No que respeita à primeira questão, 1.1. *No texto é referida a ocorrência de um sismo. O que é para ti um sismo ou terramoto?*, a análise de conteúdo das respostas deu-nos indicações de que o enunciado nos permitia retirar elementos acerca da opinião dos alunos que coincidiam com o conteúdo de resposta que se pretendia. Apenas um aluno não respondeu.

Quanto à segunda questão proposta, 1.2. *Em tua opinião quais são as causas dos sismos?*, verificou-se que alguns alunos emitiam uma resposta em que tinham necessidade de referir as causas dos sismos para se referirem ao conceito de sismo. Foi interessante notar que a explicitação das causas dos sismos permitiu detectar algumas contradições relativamente à questão anterior. Isto é, aparentemente a resposta à questão 1.1. objectivamente apresentada pelo aluno encerrava uma noção diferente quando o aluno era confrontado com a causa do fenómeno (pergunta 1.2).

Na terceira questão, 1.3. *Quais terão sido as fontes de informação para descrever o sismo referido no texto?*, verificou-se que, de modo geral, as respostas satisfaziam o critério de conteúdo pretendido. Saliente-se que os alunos tendem a referir, em grande percentagem, os meios de comunicação social como uma importante fonte de informação para a descrição dos sismos.

A questão seguinte, 2.1. *Em tua opinião o sismo far-se-á sentir nos pontos B e C da mesma forma? Justifica a tua resposta*, pelos resultados obtidos, revelou-se bastante pertinente e adequada à natureza do estudo efectuado. A riqueza do conteúdo de

resposta obtido (Cf. **Apêndice 4**) encontrou-se nas justificações apresentadas. De entre as diversas explicações dadas pelos alunos, foram várias as que se afastavam da versão cientificamente correcta.

No que respeita à questão nº 2.2., *Como é que pensas que o sismo se terá propagado de A até B*, grande parte das respostas refere as ondas sísmicas. O que parece contudo interessante notar são as diferentes formas e locais referidos para explicar o modo como ocorre a propagação da energia sísmica.

Na questão nº 3.1. Relativa ao conceito de magnitude , *3.1. No extracto da notícia é referido que o sismo atingiu uma magnitude 7,9 na escala de Richter. O que entendes por magnitude do sismo?*, verificou-se que a grande maioria dos alunos tende a considerar que a magnitude é o mesmo que intensidade.

Na questão seguinte, *4. Na tua opinião em que zonas ou regiões da Terra podem ocorrer sismos?*, os resultados obtidos puderam dar-nos desde logo algumas sugestões para uma eventual categorização quando efectuássemos o estudo principal. Assim, o conteúdo das respostas obtidas permitir-nos-ia propor a seguinte categorização:

- respostas que apontam para a localização geográfica dos sismos.
- respostas que apontam para a localização dos sismos associada a estruturas geológicas;
- respostas que apontam para a distribuição indiferenciada dos sismos.

A justificação pedida para a resposta à esta questão foi solicitada na questão (Q.4.1.). Com esta, pretendia-se tomar conhecimento da argumentação apresentada para resposta na questão anterior.

Em relação à última pergunta do questionário, *Porque é que é importante estudar a ocorrência de sismos?*, verifica-se que, para além do fácil entendimento da

questão, o conteúdo da resposta parece-nos indicar que, na opinião dos alunos o estudo da sismologia tem um interesse reduzido para o conhecimento da Estrutura Interna da Terra.

6.1.1.2 - Análise de Dados da Aplicação do Questionário no Estudo Principal: Ideias Alternativas Identificadas

Após a leitura exhaustiva de todos os questionários aplicados no estudo principal, iniciou-se o processo de categorização. O estabelecimento das categorias foi um processo bastante moroso e exigiu várias reformulações, na tentativa de, por um lado, adequar o mais possível as categorias de resposta ao seu conteúdo e, por outro, articular as ideias inferidas, a partir das respostas obtidas, com o conteúdo da resposta adequada.

Para cada questão foram estabelecidas a resposta considerada adequada (RA), os atributos que caracterizam cada categoria alternativa à RA e assim, diversas categorias de resposta (CR)⁵⁵. A designação atribuída a cada CR foi estabelecida tendo por base “o(s) atributo(s) definicional(ais) mais relevante(s)” (Serrano, 1996, p. 74). A designação de cada categoria traduzia, assim, de alguma forma, o conteúdo nela incluído. Na apresentação dos resultados indicam-se ainda alguns extractos de respostas, a partir das quais foram inferidas tais ideias. No final, referimo-nos aos resultados obtidos em cada questão, sendo feita uma apreciação global em relação às percentagens e frequências encontradas em cada categorias de baseada nos gráficos e nas tabelas do **Apêndice 5.2**.

Para além das categorias próprias de cada questão, definiu-se um conjunto de CR que são comuns a todas as questões e que serão utilizadas quando se justificar:

⁵⁵ utiliza-se neste estudo a notação adoptada por Serrano (1996), por nos parecer adequada aos nossos objectivos.

1. CR “*outras*” – inclui respostas que, estando presentes numa baixa percentagem, representam contudo um conjunto variado de opiniões que traduzem diferentes ideias acerca de cada questão colocada;

2. CR “*inconclusiva*” – quando as respostas dos alunos não permitem inferir a sua opinião por serem pouco claras, ou confusas;

3. CR “*NS/NR*” – incluem-se as situações em que o aluno afirma não saber ou não emite qualquer resposta. Sempre que se verifica apenas uma situação, não resposta ou declaração expressa “não sei”, esta categoria é indicada por NR ou NS, respectivamente, mantendo-se a designação anterior, quando houver alunos que declarem não saber e que não tenham emitido qualquer resposta. Nesta situação indicar-se-á a respectiva percentagem.

Resultados

Questão nº 1.1 - No texto é referida a ocorrência de um sismo. O que é para ti um sismo ou terramoto?

Resposta Adequada (RA)

Considerou-se que a resposta adequada⁵⁶ deveria contemplar três atributos fundamentais, relativamente ao conceito de sismo: a ideia de *movimento brusco* (fenómeno) originado a *partir de um determinado local* onde ocorreu uma fracturação (origem) , *provocado por ondas sísmicas* (causa).

Nesta conformidade, considerou-se como resposta adequada a seguinte:

⁵⁶ largamente debatida e tendo sido aprovada por um painel de juízes.

“Os sismos são movimentos oscilatórios bruscos provocados pela propagação de ondas sísmicas que irradiam de um local onde ocorreu uma fracturação brusca numa dada região da crosta terrestre”

Feita a análise das respostas obtidas no questionário, foram definidos os seguintes critérios para o estabelecimento das diferentes categorias:

- indicação do fenómeno associado à ideia de um movimento com indicação do local de origem ou modo de ocorrência ;
- natureza do fenómeno, modo como ocorre e respectiva causa (RA);
- explicações diversas para o fenómeno, não associadas à ideia de movimento, com indicação do local de origem ou *consequências*;
- causas ou *consequência* do fenómeno com indicação, ou não, do local de origem.

Com base nestes critérios, foram então definidas cinco categorias de resposta (CR)

CR 1 – Movimento: causas e consequências

Em todas as respostas enquadradas nesta CR (60%), os alunos dão a ideia de que um sismo se traduz numa forma de movimento. Em algumas é indicado apenas isso. Exemplo: (A35) *“um sismo é um abalo de terra ou movimento”*; surgindo sinónimos de movimento como abalo e tremor. Noutras é indicado o movimento e o local. Exemplo (A23) *“Um sismo é um movimento na crosta”*, ou o movimento e o modo como ocorre (A51) *“ sismos são abalos de terra de curta duração”*, ou ainda indicando as consequências (A7) *“ um sismo é um tremor de terra que causa vários estragos”*.

CR 2 – Resposta adequada

De acordo com os critérios definidos para a RA, incluíram-se nesta CR as respostas (12%) que se podem considerar de acordo com a versão correcta e que traduzem a noção de movimento, modo como ocorre e origem.

Exemplos:

(A13) *“Um sismo é um movimento brusco que ocorre ao nível das placas tectónicas que faz com que a terra trema”;*

(A81) *“um sismo é uma oscilação entre duas placas terrestres que faz vibrar a crosta terrestre quer isto dizer que a terra onde isso se situa irá vibrar (...)”.*

CR 3 – Consequências do fenómeno

Nesta CR consideraram-se as respostas (20%) que tentam explicar o conceito de sismo referindo apenas as consequências do fenómeno sísmico.

Exemplos:

(A91) *“Para mim um sismo ou terramoto é algo muito perigoso, pois onde quer que seja dado um sismo quase tudo ou tudo fica destruído e as pessoas ficam sem casa, isto é uma das situações piores em que nos podemos encontrar”.*

CR 4 – Outras

Nesta CR foram enquadradas as respostas (7%) que descrevem o sismo não como algo associado à ideia de movimento, mas a outros fenómenos. Citam-se a título exemplificativo algumas de respostas que parecem traduzir diversos conceitos de sismo como:

-uma abertura ou orifício:

(A2) *“um sismo é uma abertura na crosta”;*

- uma catástrofe (sempre):

(A93) *“um sismo é uma catástrofe, onde a terra abana ou move-se e destrói casas e edifícios”;*

- algo não explicitado:

(A53) *“para mim um sismo ou terramoto é algo que preocupa bastante a população (...) e isso provoca bastantes estragos”;*

- uma explosão:

(A79) *“ para mim um sismo ou terramoto é uma forte explosão na camada terrestre ”*

CR 5 - NS/NR

Apenas um aluno não respondeu.

Apreciação global dos resultados obtidos.

O Apêndice 5.2 inclui um conjunto de tabelas, quadros e gráficos ilustrativos da distribuição dos resultados por cada CR.

Uma apreciação da distribuição em, percentagem, pelas várias categorias (cf. **Quadro 5.1. do Apêndice 5.2**), mostra-nos que, de acordo com a categorização efectuada, e à semelhança das conclusões de Ros e Shuell (1993), a maior parte dos alunos tem a noção de que um sismo se traduz num movimento brusco do subsolo sempre acompanhado de consequências muito graves. Esta representação é partilhada pela grande maioria dos alunos, quer pertencendo ao grupo “1º Agrupamento” (adiante designado por 1ºAG) - 60%, quer do grupo “Outros Agrupamentos” (adiante designado

O.AG.) -54% ou ainda mais acentuada no grupo “Turma Experimental” (adiante designada TE) -71%.

Considerando as respostas englobáveis na CR 2, verifica-se que são baixas as percentagens de alunos cuja resposta se aproxima da versão considerada correcta 1º AG -10%, O.AG -13% e TE – 13 %, em percentagem muito próxima em todos os grupos, como se pode verificar.

Considerando a globalidade da respostas obtidas, a ideia de que o fenómeno sísmico aparece sempre associado à ideia de calamidade e de graves consequências para a humanidade é transversal a quase todas as categorias, sendo essa noção associada a outras que permitiram o estabelecimento da categorização estabelecida.

Questão nº1.2 – Em tua opinião quais são as causas dos sismos?

Resposta Adequada

A resposta adequada deveria contemplar causas relacionadas com movimentos tectónicos e com movimentos magmáticos associados a vulcanismo bem como causas naturais e artificiais. Pretendia-se saber até que ponto os alunos estariam despertos para a diversidade de mecanismos causadores de sismos, naturais, tais como movimentos tectónicos, magmáticos, abatimentos em grutas e cavernas ou desprendimentos de massas rochosas nas encostas de montanhas, ou artificiais, como explosões nucleares, estudos científicos, enchimento de barragens entre outros.

Definiu-se assim como resposta adequada à questão a seguinte:

Os sismos podem ter uma origem natural ou artificial (sismos induzidos).

Como causas naturais, os movimentos associados a fenómenos de vulcanismo, tais como movimentações magmáticas, abatimentos em grutas e cavernas, desprendimentos de massas rochosas nas encostas da montanhas.

Como causas artificiais (sismos induzidos), podem referir-se explosões nucleares com fins bélicos, enchimento de barragens, etc.

Tendo em conta a análise das respostas e a RA foram definidos os seguintes critérios para a criação das categorias de resposta:

- incidência em causas naturais;
- incidência em causas artificiais;
- incidência simultânea em causas naturais e artificiais.

Estabeleceram-se, assim, seguintes categorias de resposta:

CR 1 – Movimentos tectónicos

Nesta categoria 54% dos alunos referiam-se a movimentos tectónicos como a principal causa dos sismos. No entanto, a análise do texto deixava transparecer a representação dos movimentos de placas, por vezes incorrecta., como foi identificado também por Vera (1988).

A título ilustrativo citam-se alguns extractos de resposta:

(A1) *“quebras de Placas”* ;

(A9) *“união de placas”*;

(A17) *“choque de placas”*;

(A86) *“movimentos de blocos de terra”*

CR 2 – Vulcanismo

Nesta CR, incluíram-se as respostas em que 13% dos alunos se referiam, quer a movimentações magmáticas sem actividade extrusiva, quer a vulcanismo activo com actividade extrusiva associada por vezes a movimentos tectónicos . Citam-se a título de exemplo os seguintes extractos de resposta:

(A44) *“movimento de placas e actividade vulcânica”;*

(A30) *“ Os sismos são causados por o subir do magma, que faz mover as placas. Por isso as zonas vulcânicas são também zonas sísmicas”;*

(A71) *“são as forças magmáticas que fazem mover as placas”;*

(A111) *“ as causas dos cismos(sic) podem ser pelos movimentos nas placas ou por acção vulcânica”.*

CR 3 – Causas artificiais

Nesta CR, algumas respostas (2%), embora não explicitamente, levaram-nos a considerar que, para alguns alunos, os sismos podem também ser devidos a causas artificiais:

(A101) *“são causas humanas”*

(A108) *“ ...o rebentamento de algo muito forte que faça tremer a Terra”*

CR 4 – Resposta Adequada

Apenas um aluno referiu simultaneamente causas naturais e artificiais, pelo que esta foi a única resposta enquadrável na categoria RA de acordo com os nossos critérios.

(A52) *“a causa pode ser natural, afundamento de placas, queda do tecto de grutas, movimento de placas, ou humana, explosões atómicas etc” .*

CR 5 – Outras

A diversidade de outras respostas, embora com uma baixa frequência⁵⁷, tornou necessário optar por considerar uma CR que englobasse todas as alternativas que, apesar de indicarem causas naturais, não deveriam ser enquadradas nas CR anteriores.

As respostas obtidas (17%) contemplam explicações muito diversas para a causas do sismos, das quais indicaremos apenas, a título exemplificativo, alguns extractos:

- (A88) *“movimento de crostas”*;
- (A68), (A69); *“libertação de energia”*;
- (A90) *“Poluição atmosférica”* ;
- (A59) *“Fendas na crosta”* ;
- (A2) *“impacto do mar na crosta”* ;
- (A45) *“desgaste no interior da Terra”* ;
- (A15) e (A21) *“necessidade da Terra libertar gases”*;
- (A66) *“núcleo que derrete a Terra e fá-la deslocar”*;
- (A79) e (A103) *“ o clima, o relevo e a temperatura”*.

CR 6 - Inconclusiva

Algumas das respostas dos alunos (9%) não nos permitiram inferir a sua opinião por serem pouco claras, ou confusas. Por vezes, em algumas respostas, pareceu-nos que os alunos tinham entendido as causas como consequências, pela forma como a resposta é emitida. Citam-se, a título de exemplo, alguns extractos:

⁵⁷ Ligeiramente acima de 10% nos grupos 1ºAG e O.AG, dado que a criação de outras CR implicava, pela diversidade de respostas, várias CR que ficariam todas abaixo de 10%.

(A56) “*Desmoronamento de muitas casas e mortes*”

(A57) “*abertura de fendas, destruição de casa e mortes*”

CR 7 – NR

Cinco alunos não responderam a esta questão

Apreciação global dos resultados obtidos.

A análise dos quadros e tabelas referentes a esta questão (**Apêndice 5.2**) permite-nos tecer algumas considerações acerca dos resultados obtidos. Assim, verificamos que é entre os alunos dos grupos 1º AG e TE que se verificam percentagens muito próximas, 60% e 67% ,respectivamente, de alunos que consideram ser a causa mais importante o movimento tectónico. Verifica-se que o grupo TE, que nos interessa particularmente, segue a tendência verificada no grupo 1º AG.

Relativamente à CR 5, verifica-se que nos grupos 1º AG e O. AG a percentagem se situa acima dos 10%. Contudo a análise das respostas revela uma tão grande diversidade de opiniões que seria inadequado, como já referimos, criar outras categorias que estariam assim representadas com percentagens inferiores a 10%.

Em face dos resultados obtidos, somos levados a considerar que a leccionação dos conteúdos a que se refere esta questão, ao nível do 10º ano de escolaridade, na disciplina de Ciências da Terra e da Vida, deverá ter em conta que nestes alunos prevalece a ideia de que as causas dos sismos se encontram associadas a movimentos tectónicos e vulcanismo. Estando correcta esta perspectiva é, no entanto, pertinente realçar, de acordo com os dados obtidos, que o professor deve estar atento à necessidade de confrontar o aluno com outras situações geradoras de sismos, para além das

associadas a movimentos tectónicos , tendo em conta a perspectiva com que tais conteúdos são perspectivados ao nível do 10º ano.

Questão nº 1.3 – Quais terão sido as fontes de informação para descrever o sismo referido no texto?

Resposta Adequada

Considerava-se correcta a resposta que referisse a relação entre a forma de avaliar o sismo, escalas, instrumentos de medida e base de dados para a avaliação dos respectivos parâmetros – magnitude e intensidade. Assim considerava-se válida, em termos genéricos, a seguinte resposta:

A avaliação de um sismo faz-se fundamentalmente com recurso a escalas. A escala modificada de Mercalli permite informar acerca da intensidade de um sismo, baseando-se em inquéritos aplicados à população. Também a escala de Richter nos permite ter uma noção da magnitude, baseada essencialmente na interpretação de sismogramas. Avaliando a quantidade de energia libertada no foco sísmico esta escala torna-se mais rigorosa que a escala de Mercalli.

Tendo em consideração os princípios genéricos referidos, puderam-se definir alguns critérios que foram tidos em conta no estabelecimento das CR para esta questão:

- importância de escalas na avaliação de um sismo;
- relação entre as escalas, parâmetro que avaliam e base de dados respectiva;
- utilidade dos instrumentos utilizados na avaliação dos sismos;

Foram assim estabelecidas seis CR.

CR 1 – Equipamento de avaliação sísmica

Nesta CR englobaram-se as respostas dos alunos (72%) que se referem à utilização de escalas ou equipamento para a avaliação dos sismos, sem referir a base utilizada para a determinação do parâmetro que avaliam: intensidade ou magnitude.

Citam-se a título de exemplo alguns extractos de resposta que procuram ilustrar esta CR:

(A49) *“podem ter consultado a escala de Mercalli ou de Richter”;*

(A62) *“As fontes de informação para descrever o sismo referido no texto é a escala de Mercalli”*

(A107) *“escala de Richter”.*

Foram ainda incluídos nesta CR os alunos que consideravam o sismógrafo como a principal fonte de informação para a avaliação de um sismo isoladamente ou indicando ainda outra fonte de informação.

(A32) *“foi devido aos estragos provocados pelos sismos (...) e também a partir do sismógrafo”;*

(A 105) *“ As fontes de informação são os sismógrafos que são capazes de dizer qual a intensidade dos sismos e também os próprios abalos e os destroços que ficam depois do sismo acabar”;*

(A110) *“para saber se o abalo sísmico foi grande ou pequeno utiliza-se o sismógrafo e para ver os estragos basta observar”.*

CR 2 – Resposta adequada

Consideraram-se nesta CR, respostas que cumprissem os critérios estabelecidos: utilização de escalas, parâmetros que avaliam e respectiva base de dados/instrumentos

de recolha de dados. Apesar de termos registado apenas uma resposta enquadrável nesta CR, (A13), não quisemos deixar de estabelecê-la, para reforçar a ideia que defendemos que, embora na escolaridade anterior, em particular no 7º ano de escolaridade, seja já feita referência às escalas utilizadas na avaliação dos sismos, com indicação do parâmetro que avaliam, esta noção parece não ter ficado muito clara para os alunos considerados nesta “amostra”. Entendemos que as opiniões destes alunos denotam a falta de conhecimentos da relação entre a escala (de Richter ou de Mercalli) e o parâmetro que avaliam (magnitude e intensidade).

CR 3 - Comunicação Social

Nesta CR foram incluídas, embora com uma percentagem reduzida nos diversos grupos, em virtude da forte incidência na CR1, 7% das respostas, que se referiam, no essencial, à importância que era atribuída à comunicação social como uma fonte de informação para a descrição dos sismos:

(A76) “ *As fontes de informação para descrever o sismo referido no texto, foram os repórteres que filmaram tudo (...)*”(sic);

(A93) “ *As fontes de informação foram os jornais, a rádio e a televisão*”

CR 4 – Outras

Nesta CR enquadrámos as respostas (8%) susceptíveis de expressar uma grande diversidade de opiniões em relação às fontes de informação para a descrição de um sismo na relação entre os instrumentos de medida e o parâmetro que avaliam:

(A46) “*existem especialistas (sic) na matéria e até aparelhos para classificar os graus dos sismos*”;

(A82) “(...) porque há máquinas que o dizem, dão a sua intensidade”;

(A92) “ as fontes de informação para descrever sismo é um aparelho que mede a intensidade do sismo e o lugar onde este, está a ocorrer.(...)” ;

(A57) “ as fontes de informação terão sido o calor e a zona ser bastante quente”

(A95) “ Esta informação foi retirada de um aparelho que serve para medir o nível do sismo.

(sublinhado nosso)

CR 5 - NR

Apenas dois alunos não responderam a esta questão.

CR 6 - Inconclusiva

De acordo com os critérios gerais atrás enunciados para a definição das CR, foram encontradas algumas respostas (10%) que não nos permitem conhecer a opinião do aluno acerca da questão proposta. (Apêndice 5.2)

Apreciação global dos resultados obtidos

Da apreciação global da distribuição dos alunos por categoria (Apêndice 5.2.- gráfico 5.3.) e do texto acima, podemos retirar algumas conclusões.

A maior parte dos alunos da amostra considera que a avaliação de um sismo é efectuada com recurso ao sismógrafo, quer considerando este instrumento isoladamente, quer indicando outra fonte de informação em simultâneo. Contudo, em termos globais, os alunos não perspectivam a avaliação de um sismo através de um conjunto diversificado de recursos que, no seu conjunto, dão uma informação mais rigorosa

acerca de uma ocorrência sísmica. Surge uma certa tendência entre os respondentes para considerar uma só fonte/forma de avaliação. Esta tendência é seguida pelo grupo TE, que acompanha a distribuição dos restantes grupos.

Questão nº 2.1 – Em tua opinião, o sismo far-se-á sentir nos pontos B e C da mesma forma? Justifica a tua resposta.

Resposta Adequada

Considerava-se correcta a resposta que referisse que seria muito pouco provável que o sismo fosse sentido de forma idêntica nos *pontos B e C*, igualmente distantes do *ponto A*. Esperava-se que ideia da heterogeneidade dos materiais atravessados pelas ondas sísmicas fosse invocado pelos alunos, bem como a ocupação humana, factores esses que podem fazer supor intensidades também diferentes nos pontos B e C.

A resposta adequada poderia ser:

“Se os materiais rochosos atravessados pelas ondas sísmicas fossem rigorosamente idênticos em todas as direcções, o sismo sentir-se-iam de forma idêntica. Tal não se verifica como também a tipologia das construções vai exercer influência nas consequências do sismo (intensidade). Espera-se, por isso, que seja sentido nos pontos B e C de forma diferente”.

Os critérios estabelecidos para as diversas CR, tendo em conta a RA e as respostas obtidas, contemplavam duas possibilidades: A resposta afirmativa, de que o sismo se faria sentir da mesma forma e a negativa. Em função das justificações apresentadas, foram então consideradas diversas CR que passamos a descrever.

CR 1 - Resposta adequada

Nesta CR foram incluídas as respostas (5%) que se podem considerar correctas.

Exemplos:

(A58) “ *Não, porque depende do terreno, da sua constituição e da população* ”

(A73) “*Não, porque a constituição do solo pode variar e as construções podem ser diferentes*”.

-Resposta negativa

CR 2 – Variação em função da distância

Nesta CR, 27% dos respondentes tendem a considerar que o sismo é sentido de forma diferente nos diversos pontos, embora indiquem apenas que a intensidade diminui em função da distância, não indicando, contudo, o motivo pelo qual ela vai diminuir.

CR 3 – Variação em função das condições materiais

Nesta CR, incluem-se as respostas negativas, e cuja justificação pode considerar-se inadequada à situação apresentada (23%). Citam-se, a título ilustrativo, alguns extractos de resposta:

(A6) “ *Não, porque a terra (solo) é um bom condutor e faz-se sentir mais forte no C do que no B porque terá que atravessar o mar que é um mau condutor* ”;

(A31) “ *Não, já que no ponto B a intensidade deverá ser maior, já que as ondas que o atingem passam na sua maior parte pelo mar* ”;

(A38) “ *Não porque a propagação do sismo depende do tipo de placas* ”.

-Resposta afirmativa

CR 4 - Distância entre os pontos.

Nesta CR as respostas são afirmativas e referem que o facto de os pontos estarem à mesma distância do sismo faz com que este seja sentido da mesma forma. 28% dos alunos não identificam a influência de outras variáveis que possam interferir. Não se indica qualquer exemplo, dado que as respostas em termos de conteúdo referem invariavelmente que o sismo é sentido da mesma forma porque os pontos se situam à mesma distância uns dos outros.

CR 5 - Outras

Nesta CR foram incluídas as respostas (4%) que consideravam um conteúdo variável que não deveria incluir-se nas categorias anteriores:

(A33) *“Talvez, (...) o oceano pode influenciar”*

(A66) *“ sim porque têm a mesma intensidade ”.*

CR 6 - Inconclusiva

A resposta de alguns alunos não nos permitiu saber a verdadeira opinião que correspondesse à situação apresentada, pelo que foram incluídos nesta CR com 11% do total de respostas a esta questão.

CR 7 - NS/NR

De acordo com os critério gerais de categorização, incluíram-se nesta CR dois alunos: um que afirmou não saber e outro que não emitiu qualquer resposta.

Apreciação global dos resultados obtidos

Embora a maior parte dos alunos considere que o sismo não é sentido de modo idêntico nos pontos B e C, apresenta, contudo, respostas que revelam dificuldades em encontrar uma explicação que se aproxime da versão considerada correcta. Note-se que apenas em percentagens muito reduzidas os grupos 1º AG, O.AG e TE (**quadro 5.4 do Apêndice 5.2**) incluem respostas que podem considerar-se enquadráveis na RA.

Em termos globais, poderemos pensar que os alunos parecem revelar alguma dificuldade em entender a influência de diversos factores na propagação da energia sísmica, tendendo a considerar, de acordo com os resultados obtidos, que a propagação das mesmas se faz em meios isotrópicos e que, por isso, se a distância entre dois pontos situados à mesma distância do epicentro de um sismo for a mesma, ele será sentido da mesma forma nesses pontos. Esta ideia é partilhada por 32% dos alunos da nossa amostra.

Questão nº 2.2. – Como é que pensas que o sismo se terá propagado de A até B.

Para esta questão, considerava-se adequada, de acordo com os critério de validação científica, a resposta que contemplasse os seguintes aspectos:

A energia libertada durante um sismo é, em parte, propagada por ondas que originam a vibração das partículas à sua passagem –ondas sísmicas.

Os critérios para as CR foram, então, definidos tendo em conta as respostas dadas no questionário e a RA. Procurou-se saber em que medida os alunos indicavam outras explicações para a propagação da energia sísmica, para além das ondas sísmicas.

CR 1 –Resposta adequada

A grande maioria dos alunos, 56% da amostra, considera correctamente que os sismos se propagam de um local a outro, através de ondas sísmicas. Da totalidade das respostas obtidas, apenas um aluno referiu que os sismos não se propagam (A98).

Contudo, a restante percentagem de respondentes, permitiu-nos o estabelecimento de outras CR que mereceram a nossa atenção, tendo em conta a diversidade de explicações dadas pelos alunos para a forma como os sismos se propagam.

CR 2– Movimentos tectónicos

Nesta CR foram englobadas as respostas dos alunos (8%) que indicavam que os sismos se propagam através de movimentos tectónicos, embora não referissem as ondas sísmicas:

(A76) “ *O sismo terá propagado de A até B, por causa das placas do interior da Terra umas a bater nas outras terá chegado até B*”;

(A89) “*Eu penso que o sismo se terá propagado de A até B através das crostas terrestres, porque as placas estão muito unidas e ao dar-se um sismo na América, também se pode sentir em Portugal, o que propaga os sismos acho que são as placas*” (sublinhado nosso)

CR 3 – Influência do oceano/mar

Alguns alunos do grupo 1º AG e TE consideram em percentagem próximas 14% e 17% respectivamente, que a presença do mar ou oceano pode ter uma influência decisiva na propagação da energia sísmica:

(A47) *“O sismo propagou-se pelas rochas existentes no fundo do oceano chegando assim até ao ponto B” ;*

(A61) *“ O sismo propagou-se de A até B por (sic) o oceano atlântico(...)”*

(A64) *“ por baixo de água”*

(A79) *“porque entre eles existe um oceano”*

(A84) *“porque eu acho que a água também tem influência nos sismos, por isso é que eu acho que o sismo se deslocou até ao ponto B.*

CR 4 – Inconclusiva.

Verificaram-se ainda que alguns alunos, em percentagem variável conforme o grupo, mas que no total não ultrapassa os 10%, emitiram uma resposta à questão que não permite tirar uma conclusão sobre as ideias que estes têm acerca da situação proposta ou que, pura e simplesmente, se considera que não corresponde à questão colocada.

CR 5 – NS/NR

Incluíram-se nesta CR nove alunos (8%): três afirmaram “não sei” e seis não responderam à questão apresentada.

Apreciação global dos resultados obtidos

Embora mais de metade dos alunos considere que a propagação de um sismo se faz através de ondas sísmicas, uma percentagem idêntica encontra as mais diversas

explicações para a propagação da energia sísmica. Apreciando essa percentagem por grupos, verifica-se que estas se encontram muito próximas (**Apêndice 5.2. , Quadro 5.2.**) Refiram-se, em particular, os resultados obtidos na categoria CR4 do grupo TE que mereceram a nossa especial atenção, dada a intervenção que efectuámos posteriormente.

Em conclusão, podemos afirmar que, de acordo com os dados obtidos na nossa amostra, um conjunto significativo de alunos identifica claramente a forma de propagação da energia sísmica. Contudo, alguns alunos revelam opiniões que reflectem de alguma forma “ideias erróneas” acerca da forma como a energia sísmica se propaga.

Questão nº 3.1 – No extracto da notícia é referido que o sismo atingiu a magnitude 7,9 na escala de Richter. O que entendes por magnitude de um sismo?

Resposta Adequada

A resposta adequada deveria considerar a magnitude como a avaliação da quantidade de energia libertada no foco sísmico. Uma resposta correcta poderia ser dada nos seguintes termos:

“ a magnitude de um sismo representa a quantidade de energia libertada no foco sísmico, da qual apenas 20 a 30% se propaga sob a forma de ondas sísmicas, sendo a restante dissipada sob a forma de calor. ”

A categorização definida teve por base as respostas obtidas e o principal critério que deveria ser tido em conta para as considerar correctas:

-a noção de libertação e quantificação de energia.

CR 1 – Intensidade

Esta categoria é a mais representativa do conjunto de CR definidas para esta questão (75%). Os alunos aqui enquadrados respondem invariavelmente que a magnitude é a intensidade de um sismo.

Nesta CR, enquadram-se ainda, as respostas que, embora não refiram explicitamente a opinião de que a magnitude é a intensidade de um sismo, pode, de algum modo, inferir-se pela interpretação de parte do discurso:

(A16) “*magnitude de um sismo é a força com que o sismo é sentido pelas pessoas à superfície*”;

(A38) “*a magnitude do sismo é a potência ou seja a força do tremor*”;

(A46) “*magnitude, penso que talvez seja a sua acção isto é a sua força*”.

CR 2 – Resposta Adequada

Apenas dois alunos (A31) e (A44) consideram que a magnitude de um sismo se traduz na avaliação da quantidade de energia libertada no foco sísmico.

CR 3 – Escalas

Nesta CR incluem-se as respostas, 11% em relação ao total, em que parece existir alguma confusão entre o parâmetro em questão e a forma como é avaliado, dado que se confunde magnitude com a escala de medição da mesma. Ilustra-se esta CR com alguns extratos de resposta:

(A21) “*magnitude é a escala à qual os sismos se submetem*”

(A29) “*magnitude é escala de “comprimento” dos sismos.*” (sic);

CR 4 – Outras

Nesta CR enquadram-se as respostas (12%) cujo conteúdo nos sugere que a magnitude é algo que não pode considerar-se enquadrável nas anteriores e que traduzem uma grande diversidade de opiniões.

Apreciação global dos resultados obtidos

A inclusão desta questão pretendia averiguar até que ponto a nossa suposição de que o conceito de magnitude, muitas vezes veiculado pela comunicação social aquando da ocorrência de sismos, é interpretado como sinónimo de intensidade. Entendemos que os alunos não distinguem magnitude de intensidade, com facilidade. Além deste interesse os resultados permitiam-nos saber até que ponto os alunos abrangidos pela nossa amostra que não prosseguem estudos nestes domínios (alunos de estudos humanísticos e outras áreas), ou que apenas cumprem a escolaridade obrigatória irão ficar com esta representação⁵⁸.

Tendo em conta as respostas enquadradas na CR1 que, de forma explícita ou implícita, referem que a magnitude é o mesmo que intensidade, podemos considerar que 75% dos elementos da nossa amostra considera que a magnitude é o mesmo que intensidade.

Entendemos que esta representação é muito significativa entre a globalidade dos alunos que foi tida em conta na nossa intervenção na turma experimental. Esta representação mereceu a nossa particular atenção, na medida em que pretendemos verificar até que ponto foi modificada em virtude da nossa intervenção.

⁵⁸ Recorde-se que ao nível do 7º ano é feita a referência à magnitude com uma forma de avaliação do fenómeno sísmico.

Questão nº 4. – Na tua opinião em que zonas ou regiões da Terra podem ocorrer sismos?

Resposta Adequada

Na medida em que contávamos com os conhecimentos anteriores dos alunos , esperava-se que as suas respostas contemplassem aspectos relacionados com os fenómenos de vulcanismo e movimentação tectónica. Contudo, estávamos convictos que uma grande percentagem de alunos consideraria que não existem zonas de maior risco sísmico, tendo estes a noção de que os sismos têm a mesma probabilidade de ocorrer em qualquer parte da Terra.

Considerámos como resposta adequada a seguinte:

As zonas de maior incidência sísmica coincidem, de modo geral, com zonas muito instáveis que se localizam nas fronteiras de placas litosféricas. Verifica-se intensa actividade sísmica nas zonas de fronteiras divergentes de placas, ao nível do rift das dorsais oceânicas, onde se gera e alastra fundo oceânico. A actividade sísmica é ainda mais notável nas fronteiras convergentes de placas.

Os critérios para o estabelecimento da CR foram estabelecidos tendo em conta essencialmente a indicação ou não de zonas de maior incidência sísmica, procurando identificar as respostas que referissem a igual probabilidade, ou não, de ocorrência sísmica em qualquer parte do planeta.

CR 4.1 - Regiões vulcânicas

Nesta CR englobam-se as respostas, 29% do total, que consideram as regiões em que se verificam acentuados movimentos magmáticos em geral ou a actividade vulcânica em particular .

Citam-se, a título ilustrativo, alguns extractos das resposta obtidas,:

(A1) “ *é mais natural onde há actividade vulcânica*”;

(A16) “*nas zonas onde existe maior vulcanismo*”;

(A44) “ *nas zonas onde a actividade vulcânica é muito intensa*”;

(A59) “*nas zonas ao pé do mar onde há vulcões*”;

(A105) “ *Nas regiões onde há vulcões, mesmo que já Instintos (sic) principalmente podendo ocorrer sismos em qualquer lado*”;

(A 110) “*podem ocorrer sismos em todas as zonas do planeta, inclusive na água (denominados marmotos(sic)) e em regiões vulcânicas (sismos de origem vulcânica)*”.

CR 2 – Resposta Adequada

Nas respostas englobadas nesta CR (6%), os alunos identificam os limites de placas com zonas vulcânica e sismicamente activas, referindo a movimentação tectónica como a origem principal dos sismos:

(A4) “*nas zonas onde existem mais vulcões e onde existem mais movimentações de placas. Por exemplo o anel de fogo do Pacífico*”;

(A28) “ *Em zonas perto dos vulcões, ou em locais onde aja permanentemente o movimento das placas litosféricas*” (sic)



Nesta CR foram ainda incluídas as respostas que explicita ou implicitamente se referiam às zonas de limites de placas como as mais propícias à ocorrência de sismos:

(A47) *“Onde as placas continentais ou tectónicas estão separadas umas das outras”;*

(A52) *“As zonas da Terra em que podem ocorrer mais sismos são as zonas que definem as placas tectónicas”;*

(A106) *“ As zonas onde há mais probabilidade de ocorrer sismos são nas zonas de ligação das placas dos continentes”.*

CR 3 – Localização geográfica

Nesta CR, com 24% dos total de respostas, os alunos tendem a considerar, quando se referem a Portugal, as regiões insulares e a região de Lisboa, quando referem regiões sísmicas em geral, apontam principalmente África, América do Norte, Japão e Pacífico:

(A36) *“ no continente americano e a zona do Pacífico”;*

(A41) *“Oeste do continente americano, ilhas atlânticas, costa indiana e indonésia Japão e china)”*

CR 4 – Distribuição indiferenciada

Mais de 15% dos alunos, em todos os grupos, tendem a considerar que os sismos têm igual probabilidade de ocorrer em qualquer parte da Terra. Esta CR inclui as respostas que traduzem essa opinião.

Citam-se alguns extratos de resposta ilustrativos:

(A56) *“Em todas as zonas da Terra”*;

(A82) *“Em todas as zonas desde que haja terra”*;

(A108) *“zonas vulcânicas, para dizer a verdade todos os locais”*;

(A109) *“em toda a parte, até nos rios”*.

CR 5 –Próximo do mar

Alguns alunos (11%) consideram que as regiões próximas do mar estão mais sujeitas a risco sísmico. A interpretação das respostas obtidas leva-nos a supor que os alunos consideram o limite de transição do continente para o oceano como um limite de placas já que referem, embora nem sempre de modo claro, este aspecto na sua resposta.

CR 6 – Outras

Nesta CR foram incluídas as respostas (9%), que indicavam outras regiões onde podem ocorrer sismos e que dada a diversidade não foram incluídas nas CR anteriores:

(A35) *“onde há falhas nas placas e muita pressão”*;

(A40) *“onde há muita pressão no interior da Terra”*;

(A87) *“ nas regiões mais montanhosas”*.

(A 100) *“Nas regiões mais quentes”*

CR 7- NS/NR

Nesta CR encontram-se os alunos que não responderam ou que disseram “não sei” num total de quatro alunos.

Apreciação global dos resultados obtidos

Se tivermos em conta que a CR1 é a que inclui respostas mais próximas da versão considerada correcta verifica-se, globalmente, que a percentagem de alunos dos grupos 1º AG e O.AG. é da ordem dos 30% e 18%, respectivamente. Pode talvez afirmar-se que embora os alunos do grupo 1ºAG se aproximem mais da versão cientificamente correcta, a TE é, de entre os alunos do mesmo agrupamento, o conjunto de alunos que não indica qualquer resposta adequada.

Contando ainda com a CR4, pode considerar-se que de um modo global, parece verificar-se uma representação que é partilhada por um grupo relativamente grande entre os alunos da nossa amostra: *Os sismos apresentam uma distribuição uniforme pelo planeta.*

Questão nº 4.1 – Justifica a resposta que deste anteriormente.

Considerava-se válida a resposta que, embora pudesse não estar formulada de modo cientificamente correcto, não entrasse em contradição com a resposta anterior. Valorizava-se assim a capacidade de argumentação do aluno. Estes foram os critérios básicos para o estabelecimento da categorização para esta questão.

Apresentam-se em seguida alguns exemplos que incluem necessariamente o enunciado da resposta dada à questão 4.

CR 1 – Resposta adequada

Nesta categoria incluíram-se as respostas, 70% do total, que, embora pudessem estar cientificamente inadequadas apresentavam, apesar disso, uma justificação coerente com a resposta à questão anterior.

CR 2 - Justificação sem relação com a resposta anterior

Embora fosse dada uma resposta na questão 4., a justificação apresentada por alguns alunos, mais concretamente 10%, não tinha relação com o conteúdo esperado, evidenciava-se assim a dificuldade de apresentação de uma argumentação válida:

(A66) *“Em qualquer parte”*. Justificação *“Porque os gases da atmosfera podem ser libertados por qualquer parte”*

CR 3 – Justificação contraditória com a resposta anterior

Algumas justificações entravam em contradição com a resposta anterior pelo que se considerou uma categoria que enquadrasse estas respostas, representada com 6% do total de respostas a esta questão.

Exemplo (A33) . *Eu penso que poderá ocorrer em qualquer zona”*. Justificação
“(…) umas zonas são mais propicias do que outras”

CR 4 – Não justifica

Nesta CR incluíram-se treze alunos (12%), que não responderam à questão.

CR 5 – NS

Nesta CR incluíram-se os alunos, três, que disseram “não sei”.

Apreciação global dos resultados obtidos

Considerando o conjunto CR2 e CR 3 Verifica-se que uma elevada percentagem de alunos cerca de 16% apresenta dificuldades em justificar o motivo pelo qual escolhe

determinadas regiões da Terra onde considera que pode haver uma maior incidência sísmica.

Questão nº 5 – Por que é que é importante estudar a ocorrência de sismos?

Resposta Adequada

A resposta mais adequada seria aquela que contemplasse várias vertentes da utilidade dos estudos de sismologia, nomeadamente a importância ao nível da tentativa de previsão sísmica, dos estudos das causas dos sismos, do conhecimento de zonas de maior risco sísmico e, sobretudo, dos contributos para o conhecimento da Estrutura Interna da Terra.

Assim, pode considerar-se como exemplo de conteúdo de resposta :

Os estudos de sismologia procuram prever a ocorrência sísmica, o conhecimento indirecto do interior da Terra, o conhecimento dos processos que levam à ruptura de materiais rochosos e consequente geração de sismos bem como ao conhecimento das zonas de maior risco sísmico tendo por objectivo, por exemplo, a realização de desenvolvimentos urbanísticos mais seguros.

Tendo em conta a análise das respostas e a RA, foram estabelecidos os seguintes critérios para o estabelecimento das CR:

- A diversidade de alternativas apresentadas pelos alunos;
- identificação de uma ou mais que uma utilidade dos estudos da sismologia.

Estabeleceram-se oito categorias de resposta:

CR 1 – Previsão

Nesta categoria incluem-se 12 % do total das respostas. Respostas essas que consideram apenas os estudos da sismologia com o objectivo de desenvolver a previsão sísmica:

(A39) “*é importante estudar a ocorrência dos sismos porque nos permite prever a ocorrência antecipadamente a assim salvar vidas*”;

(A68) “*é importante porque nos permite detectar sismos antes de acontecerem e assim evitar danos e mortes e pânico*”

CR 2 – Atitudes

Nesta CR, foram incluídas as respostas, 45% do total, que incluíam referências às atitudes e comportamentos a tomar em face da ocorrência de um sismo:

(A1) “*Para saber o que fazer quando eles acontecem*”;

(A9) “*Combater o pânico e executar actividades para não haver mortes nem pânico*”.

CR 3 – Estudo da Terra

Apenas cinco alunos (4%) referem a importância dos estudos da sismologia para melhor conhecer a Terra. Apesar de ser uma CR pouco representativa, entendemos que, dada a perspectiva com que é abordado este trabalho, seria importante identificar essas respostas. Confirmou-se que poucos alunos tendem a considerar a sismologia como uma fonte de dados para o conhecimento da estrutura da Terra, perspectiva que se pretende que os alunos aprendam:

(A28) “*saber o que se passa na Terra em especial nos locais dos sismos*” ;

(A41) *“Para saber como é o interior da Terra”*

CR 4 - Mecanismos de geração

Nesta CR os alunos (11%), referem que os estudos de sismologia são importantes pois permitem conhecer os mecanismos que estão na origem dos sismos:

(A21) *“para saber a sua ocorrência, de que derivam e sua finalidade”* ;

(A112) *“para saber exactamente o que são e para que as pessoas estejam preparadas quando ocorrer um”*.

CR 5 – Resposta adequada

Considerámos que os respondentes deveriam pelo menos referir duas utilidades distintas do estudo dos sismos e não directamente decorrentes uma da outra. 19% das respostas permitiu a sua inclusão nesta CR:

(A17) *“Conhecer melhor a Terra e prever sismos”*;

(A16) *“Prevenir e antecipar quando um sismo se vai dar e proteger a população”* ;

(A45) *“para estudar a fragilidade da Terra, para saber evitá-los”*.

CR 6 - Outras

Nesta CR incluíram-se as respostas, 2% do total, que, apresentando um conteúdo tão variado seria inadequado incluí-las nas CR anteriores:

(A24) *“Para construir infra-estruturas anti-sísmicas”*.

CR 7 – Inconclusiva

Algumas respostas, 6% do total, não permitem tirar uma conclusão explícita sobre as ideias que estes têm acerca da situação proposta:

(A18) *“sinal de que a Terra se está a transformar”*;

(A60) *“é um fenómeno da natureza ”*

CR 8 – NR

Apenas um aluno não respondeu.

Apreciação global dos resultados obtidos

A maioria dos alunos dos grupos 1º AG e O.AG. , 52 % e 54% respectivamente, considera que o estudo dos sismos é útil porque possibilita às pessoas a tomada de consciência do modo como devem actuar perante um sismo. Tendo em conta os conteúdos programáticos de anos anteriores, nomeadamente do 7º ano são referidas algumas regras de segurança anti-sísmica, parece-nos que essa ideia continua a prevalecer na nossa amostra antes de abordar novamente o tema no 10º ano.

Tendo em conta a perspectiva com que é abordada a sismologia no décimo ano, como fonte de informação para o conhecimento da Estrutura Interna da Terra, consideramos que será necessário estar atento a estes resultados, devendo, em nosso entender, ser proporcionadas situações em que os alunos se confrontem com outras utilidades no estudo dos sismos, dado que o programa aponta para o conhecimento da Estrutura Interna da Terra a partir dos estudos sismológicos.

-Ideias Alternativas Identificadas

A apreciação dos resultados obtidos permite-nos considerar que os alunos da nossa amostra parecem revelar algumas ideias alternativas.

Como critério, procurámos identificar o conjunto de representações alternativas à versão cientificamente adequada que fossem as mais frequentes entre os alunos, como sugere Cubero (1993). Considerámos, assim, as seguintes, resumidas através das seguintes proposições:

1. *A ocorrência de um sismo é sempre acompanhada de destruição e vítimas humanas.*
2. *Os sismos têm sempre origem tectónica ou vulcânica.*
3. *A avaliação de um sismo pode ser feita com rigor apenas com base em informações sensoriais*
4. *A intensidade de um sismo depende unicamente da distância ao seu ponto de origem*
5. *A distribuição dos sismos pelo planeta ocorre ao acaso*
6. *É possível uma previsão rigorosa da ocorrência sísmica*

6.2 - APRECIÇÃO DAS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS NA SALA DE AULA: DESCRIÇÃO E RESULTADOS

A nossa apreciação procura avaliar em que medida a intervenção didáctica do professor , tanto nas etapas prévias de planificação e organização do processo de ensino-aprendizagem, como no que se refere à interacção educativa com os alunos na fase seguinte, contribuiu para a mudança conceptual.

Procura-se, ainda, avaliar em que medida a motivação e o empenho dos alunos contribuíram para que se tivessem atingido novas aprendizagens, traduzidas no estabelecimento de novas relações e novos vínculos entre aquilo que o aluno já sabia e o que deveria aprender de novo.

A nossa atenção centrou-se ainda na apreciação das vantagens da utilização dos materiais curriculares produzidos e utilizados durante a intervenção.

As aulas em que decorreu a aplicação do modelo foram vídeogravadas, tendo havido o cuidado de habituar os alunos à presença da câmara de vídeo para que, no momento da aplicação do modelo didáctico, a sua presença influenciasse ao mínimo as atitudes dos alunos. As gravações foram feitas sem operador de vídeo, tendo sido a câmara colocada num ângulo que permitisse a gravação continuada de toda a aula. A apreciação do que se passou nessas aulas é baseada no seu visionamento , num total de 12 tempos lectivos de 50 minutos.

4 de Maio

Após a *fase de reconhecimento* que decorreu no período de aplicação do questionário para identificação das ideias prévias dos alunos, considerou-se que a primeira actividade deveria traduzir-se em colocar “lado a lado” as opiniões dos alunos

da turma expressas nos instrumentos de diagnóstico, neste caso particular os resultados do questionário aberto. Tendo-se assim em conta, por um lado, a necessidade de que o aluno reflecta sobre as suas ideias e por outro que “activação de esquemas prévios é o primeiro passo para mudá-los” (Escaño e Serna, 1994, p. 97), foi planificada e desenvolvida a primeira aula a cuja apreciação nos referimos de seguida.

A aula de 4 de Maio iniciou-se com a apresentação de um conjunto de redes de conceitos (**Apêndice 7.2**) tendo sido pedido aos alunos que seleccionassem a opção que considerassem mais adequada ao conceito central apresentado. Procurava-se fomentar a sua motivação e a explicitação perante a turma das opiniões de cada um. Valorizava-se a reflexão sobre “as suas próprias concepções”, ao mesmo tempo que cada aluno “tomava conhecimento das concepções defendidas pelos colegas” (Marques, 1997, p. 38). Nesse sentido, houve o cuidado de que cada um respeitasse as ideias do outro tendo sido privilegiado o trabalho de grupo. Os alunos deveriam, em seguida, justificar as opções tomadas. Para tal, foi utilizada uma grelha de registo de opiniões (**Apêndice 7.3**). Verificou-se nesta altura que alguns alunos expressavam claramente uma mudança de opinião quando, no confronto com as ideias dos seus colegas⁵⁹, se davam conta que a sua primeira resposta era incompatível com aquilo em que agora acreditavam para explicar determinados fenómenos.

Os alunos pareciam estar a reflectir sobre as suas próprias ideias e a encontrar algumas inconsistências com alguns pontos de vista até há pouco tempo antes defendidos.

⁵⁹ Conflito que se designa de sócio-cognitivo pois produz-se como resultado da troca de pontos de vista entre companheiros (Escaño e Serna, 1994, p. 96).

Desde logo foram também identificadas algumas opiniões que se aproximavam bastante da versão cientificamente adequada. O professor ajudava o aluno a explicitar os seus pontos de vista com respeito pelas opiniões individuais e de grupo.

5 e 6 de Maio

Nestas aulas, os alunos encontravam-se divididos em turnos e ocorreram de modo semelhante em termos metodológicos. Por uma questão de extensão, referimo-nos a ambas em simultâneo, destacando, quando se justificar, algum aspecto particular de cada uma. Nesse caso referir-se-á T1 ou T2 conforme se trate de turno 1 ou turno 2.

As aulas de 5 e 6 de Maio iniciam-se com a apresentação de um resumo das respostas mais escolhidas pelos alunos, obtidas a partir das opiniões individuais e de grupo da aula anterior (**Apêndice 7.4**). Tratou-se assim de um inventário de ideias prévias, conforme nos referimos anteriormente.

Da análise das respostas, verificou-se que alguns alunos foram mudando de opinião e que esta situação se deve, talvez, ao facto de ter havido *uma reflexão em grupo*, levando alguns alunos a encontrar algumas contradições no seu pensamento inicial e que os fez mudar de opinião pois a explicação anterior, para um determinado fenómeno, era agora incompatível com os seus referenciais prévios.

Em seguida o professor refere que o ponto de partida para as novas actividades será o levantamento efectuado das ideias defendidas pelos alunos. Sem indicar qualquer aluno em particular, o professor afirma que algumas das ideias manifestadas se encontram já bastante próximas da versão cientificamente adequada, embora outras se afastem. Os alunos apercebem-se de que há já conhecimento adquirido sem ter sido o

produto de uma transmissão por parte do professor, mas antes de uma reflexão e do confronto de ideias próprias.

Está-se ainda, predominantemente, na *fase de reflexão* (Marques, 1994) quando o professor entrega uma ficha de trabalho aos alunos (**Apêndice 7.5**) e lhes solicita que, proponham, uma metodologia que deva ser seguida tendo em vista encontrar a solução para o problema identificado.

O professor vai referindo que os alunos não devem abdicar necessariamente dos seus pontos de vista para seguirem os dos seus colegas.

No final é solicitado aos alunos que elaborem uma transparência onde conste o conjunto de problemas encontrados e a respectiva metodologia que considerem adequada à sua resolução.

O desenvolvimento da aula permitiu o debate em torno de alguns conceitos, para alguns dos quais foi notória a modificação na representação por parte dos alunos. Assim indicamos, a título meramente ilustrativo, algumas passagens relativas à abordagem do conceito de intensidade e de magnitude.

aluno R- *um sismo atinge às vezes o grau 5 na escala de Richter essa é a magnitude.*

professor- *E qual o significado que atribuis a esse valor?*

aluno R- *É a intensidade, os estragos.*

professor – *E tu, RC, concordas com o teu colega?*

aluno RC – *Sim, a magnitude é a intensidade máxima.*

No final da aula, o aluno R acaba por compreender por si só que a magnitude não representa os estragos ocorridos mas que representa a quantidade de energia libertada no foco sísmico. Tal conceito surge no final, após o debate de diversos pontos

de vista dos elementos do grupo e da informação que ia sendo dada pelo professor por solicitação dos alunos.

7 de Maio

A aula inicia-se com o resumo das principais metodologias propostas pelos alunos para a resolução dos diversos problemas apresentados em relação às concepções a corrigir (**Apêndice 7.6**). O objectivo é agora seleccionar as metodologias que sejam exequíveis. Os alunos devem justificar os motivos pelos quais optaram pela metodologia escolhida. Valoriza-se nesta aula a importância da escolha metodológica face ao problema apresentado.

Esta fase do trabalho na aula constitui-se já como uma *fase de reconstrução* do conhecimento. Procurando destacar a importância da metodologia científica em que “a compreensão das ideias elaboradas são hipóteses que devem ser sujeitas à experimentação e refutação” (Marques, 1997, p. 38), valorizam-se também as “discussões e negociações” como sugeridas por Prawat (1989, citado em Marques, 1994, p. 208).

11 de Maio

O professor começa por referir a síntese das estratégias discutidas e seleccionadas na aula anterior e indica aos alunos que as actividades a desenvolver foram elaboradas tendo em conta as suas opiniões.

Segue-se a execução das actividades nº 1 e nº 2 (**Apêndice 7.7**) elaboradas com o objectivo principal de promover o conflito cognitivo nos alunos.

Tais actividades procuraram apresentar situações que fossem ao encontro da opinião expressa dos alunos no sentido do confronto das ideias por estes defendidas e da versão científica dos factos. Procurou-se que estas actividades promovessem a contradição com aquilo que o aluno até então defendia, no sentido de que este verificasse que o seu modelo explicativo é incompatível com as novas evidências com que se defronta.

Os alunos discutem, em grupo, as actividades que têm para desenvolver. A motivação e empenho verificados pode, em nosso entender, ser devidos em parte ao facto destes sentirem que as actividades que estão a desenvolver tiveram em conta as suas ideias, sentindo valorizado assim o seu trabalho e o seu esforço.

O professor vai dando algumas indicações aos alunos para auxiliar a resolver as actividades, tendo contudo o cuidado de evitar dar a resposta que o aluno deve encontrar para as situações propostas. No final procede-se à discussão dos resultados obtidos verificando-se que os alunos conseguem chegar, de modo autónomo, ao correcto conhecimento dos conteúdos que têm para aprender, nomeadamente do conceito de sismo e causas dos sismos a que se referiam as actividades nº 1 e 2 respectivamente.

12 e 13 de Maio

Os alunos continuam a desenvolver as actividades elaboradas de acordo com os seus pontos de vista em relação aos conceitos a ser aprendidos. Em simultâneo o professor vai fornecendo informação aos alunos que os ajude a ultrapassar alguns obstáculos que vão surgindo, sem contudo “dar” a resposta adequada aos alunos, pois não basta ter havido uma “activação dos conhecimentos prévios” (Escaño e Serna, 1994, p. 99) nem o conflito cognitivo, é também necessário que o aluno disponha de nova

informação que “encaixe com as ideias em desequilíbrio que dê lugar a um conhecimento mais elaborado” (ibidem). Discute-se, por exemplo, a teoria do ressalto elástico para explicar a libertação súbita da energia sísmica, utilizam-se modelos para mostrar movimentos compressivos e distensivos, modelos representativos da Estrutura Interna da Terra para representar a trajectória das ondas sísmicas, projecção de acetatos que procuram representar a vibração das partículas à passagem das ondas sísmicas etc.

Os alunos vão sendo confrontados com as suas posições anteriores e assiste-se a uma mudança de opinião expressa pelos próprios alunos. A título exemplificativo refira-se que, após diálogo entre os alunos e os professores, aqueles passaram a compreender que os sismos podem ter uma fraca intensidade e por isso não chegar a causar danos nem vítimas humanas como inicialmente consideravam. Assiste-se ainda ao reconhecimento da importância da sismologia para conhecer a Estrutura Interna da Terra, quando inicialmente uma minoria de alunos identificava essa enorme utilidade dos estudos sismológicos.

14 de Maio

Esta aula inicia-se com a apresentação aos alunos das actividades nº 5 e 6 (**Apêndice 7.7**). Os alunos resolvem em grupo as actividades apresentadas ao mesmo tempo que o professor vai, à semelhança das aulas anteriores, dando informação aos alunos que contribua para que estes cheguem a resolução das situações apresentadas. No final são revistas todas as actividades anteriormente resolvidas sendo solicitada de modo aleatório a resposta às questões das diversas actividades.

O professor vai-se apercebendo das mudanças efectuadas e verifica que obtém dos alunos habitualmente mais fracas respostas correctas às questões com uma frequência idêntica à verificada entre os alunos de melhor rendimento.

A aula termina com a exibição de um vídeo onde os alunos podem, mais uma vez, confrontar as suas “novas ideias” com a versão cientificamente adequada a alguns conceitos sobre o tópico em estudo (**Apendice 7.8**).

Considerando os princípios do modelo didáctico adoptado, as descrições das aulas anteriormente feitas englobam, no essencial, as fases de Reconhecimento, Reflexão e Reconstrução. Relativamente à fase de Re-avaliação, ela ocorreu no contexto da investigação fora do tempo utilizado nas aulas.

Tendo-se recorrido à técnica do questionário fechado e mapas de conceitos a *Re-avaliação* não se constituiu como uma etapa pré-determinada. Isto é, a verificação do êxito das estratégias utilizadas na modificação das ideias apresentadas pelos alunos ocorreu através de um diagnóstico prévio das conceptualizações dos alunos, tendo sido elaborados mapas de conceitos antes e depois das aulas, onde se aplicou o modelo e de questionários fechados após as aulas. Tais técnicas, como nos afirma Marques (1994), permitem “explicitar (...) as modificações produzidas e assim avaliar a aprendizagem conseguida” (p. 209).

A apreciação da modificação conceptual encontra-se na secção 6.3 deste capítulo.

-A opinião dos alunos

Com o objectivo de possibilitar ainda uma outra opinião acerca da forma como decorreram as actividades, entendemos que seria bastante positivo contar com os próprios alunos, que poderiam indicar-nos como sentiram e viveram estas aulas.

A opinião dos alunos encontra-se transcrita no **Apêndice 9.2**. Aqui apenas nos referimos, a título ilustrativo, a algumas opiniões que nos pareceram mais interessantes.

Para expressar a sua opinião, os alunos eram confrontados com três questões (**Apêndice 9.1**). A primeira, *“Que diferenças encontraste entre as aulas em que abordámos o tópico “sismologia” e as restantes”*, procurava saber a opinião dos alunos acerca das diferenças encontradas em termos de estratégias, metodologias, materiais, atitudes dos alunos e do professor, face aos conteúdos etc., entre as aulas anteriores e estas.

Com a segunda *“A forma como foram abordados os conceitos de sismologia facilitou ou dificultou a aprendizagem dos mesmos? Indica as razões”*, procurava-se especificamente indagar se a metodologia seguida tinha sido ou não facilitadora da aprendizagem e que aspectos dessa metodologia tinham sido mais relevantes.

A terceira e última questão *“Indica aspectos que, de modo geral, queiras referir relativamente à forma como decorreram as aulas em que se estudou sismologia”*, embora não se referisse explicitamente, procurava identificar opiniões em que os alunos referissem aspectos particularmente positivos ou negativos da metodologia.

Em seguida, apresentam-se as principais conclusões relativas às respostas obtidas. Sempre que se justifique será feita uma transcrição de extractos de resposta dos alunos a título ilustrativo.

No que diz respeito à primeira questão, tendo em conta a apreciação global das respostas obtidas, podem considerar-se dois aspectos:

-a reflexão das ideias proporcionadas pelos procedimentos adoptados e estratégias utilizadas;

-o trabalho de grupo.

Grande parte dos alunos considera, relativamente ao primeiro aspecto, que o desenvolvimento dado às actividades promoveu o debate de opiniões e pontos de vista perante as situações apresentadas, mas fundamentalmente a reflexão a que tais actividades obrigava. Indicam-se então alguns excertos de resposta dos alunos:

(AR) “(...) *reflectimos sobre as nossas ideias*”;

(EE) “(...) *deixámos a ideia errada que tínhamos (...) para ficar com a ideia correcta.*”;

(IS) “(...) *tivemos possibilidade de intervir melhorando as nossas ideias(...) as nossas ideias sobre sismologia modificaram-se muito*”;

(PV) “(...) *aprendemos às custas das nossas ideias e dúvidas (...)*”;

(PT) “(...) *os alunos foram “obrigados” a discutir e a se esforçarem para darem uma justificação da sua opinião*”;

(VS) “*Acho que a ideia de fazermos uma ficha antes de darmos a matéria e depois vermos as ideias erradas que tínhamos é uma boa forma de aprender*”;

(HC) “*Eu penso que este método também é bom porque assim há a oportunidade de os alunos poderam pensar por si e tirar conclusões mesmo que não sejam as mais certas*”.

Relativamente ao segundo aspecto identificado, a valorização do trabalho em grupo, é também referido por alguns alunos, para os quais aí reside uma diferença importante comparativamente com aulas anteriores:

(EQ) *“Aprofundámos mais o tema da sismologia que os restantes tópicos, já que trabalhámos em grupo (...)”*;

(SP) *“Nestas últimas aulas trabalhámos mais em grupo, o que ajuda a trocar ideias e informação entre todos os elementos da turma e o professor”*.

No que diz respeito à segunda questão, a maior parte dos alunos considera que a forma como foram abordados os conceitos facilitou a sua aprendizagem. Apenas dois referem não saber e um diz que dificultou. Se atendermos às razões invocadas, destacamos:

- a importância dada à identificação e explicitação das ideias de cada um antes de se iniciarem novas aprendizagens:

(RD) *“penso que facilitou porque podemos expôr as nossas ideias em grupo com os restantes alunos e professor;*

- o auxílio prestado aos alunos da parte do professor (SC);

- o debate em torno das ideias de cada um (CT);

- o reconhecimento de conhecimentos prévios importantes para a construção do novo conhecimento:

(JB) *“ (...) mesmo sem darmos a matéria já sabíamos alguma coisa e depois abordámos então os conceitos em que tínhamos mais dúvidas”*

Em termos globais, pode talvez concluir-se que os alunos reconhecem a importância do debate de ideias e de pontos de vista como ponto de partida essencial

para a aquisição de novos conhecimentos e para a modificação de ideias eventualmente inadequadas às explicações para determinados fenómenos.

Quanto à última questão, verifica-se, mais uma vez, que os alunos valorizam o diálogo e a discussão em grupo durante os quais cada um tinha a possibilidade de expor de uma forma aberta e sem a crítica dos colegas, as suas opiniões e os seus pontos de vista e que esse debate contribuía para o abandono de “concepções erradas” anteriormente defendidas.

Em resumo, a análise das opiniões dos alunos permite-nos concluir que estes detectam, na apreciação que fazem, o seu papel activo na construção das aprendizagens. Pela metodologia adoptada, os alunos parecem tomar consciência das suas capacidades e provavelmente desenvolveram novas atitudes face à aquisição do conhecimento traduzidas em atitudes mais responsáveis e participativas.

Parece-nos também que os alunos identificam o valor da sua actividade quando se trata de modificar concepções impeditivas da aquisição do conhecimento científico adequado para os vários conceitos envolvidos no estudo.

6.3 - A AVALIAÇÃO DA MUDANÇA CONCEPTUAL DOS ALUNOS

Como já foi referido anteriormente, e de acordo com os objectivos da investigação, foi necessário proceder à avaliação da eficácia das estratégias utilizadas na mudança conceptual dos alunos, até porque a mesma faz parte do modelo desenvolvido.

Como sugere Marques (1994) os mapas conceptuais e os questionários de escolha múltipla (p.209) são duas técnicas adequadas à apreciação da mudança conceptual. Partilhando a mesma opinião, consideramos que os mapas de conceitos

permitem-nos uma apreciação de carácter mais qualitativo da organização conceptual dos alunos. Assim, o mapa de conceitos permite-nos uma apreciação da forma como o aluno re-organiza o conhecimento adquirido explicitando de alguma forma o seu modo de pensar. Referimo-nos em seguida à interpretação dos mapas obtidos que apresentam interesse mais significativo.

6.3.1- INTERPRETAÇÃO DOS MAPAS DE CONCEITOS.

“Os alunos podem ver “emergir” num mapa de conceitos construído no final do estudo de um tópico programático as suas mudanças em comparação com os mapas produzidos no início desse estudo”.

(Marques e Thompson, 1997, p. 45).

Alguns autores consideram que a apreciação dos mapas de conceitos pode fazer-se por uma via quantitativa. Entre os autores que defendem esta posição, Mason (1992) sugere uma avaliação deste tipo, estabelecendo uma escala em que atribui pontuação para vários critérios tais como: número de conceitos, conceitos centrais, validade das ligações, ... (p. 55). Contreras (1997) define como critérios para apreciação elementos “semânticos” com o objectivo de conhecer o significado que os alunos atribuem a uma lista de conceitos, e de “contexto” no que se refere às relações que os alunos estabelecem entre os citados conceitos (p. 14). Outros, ainda, sugerem mesmo uma forma de atribuir pontuação aos mapas produzidos. Reis (1996) chega a admitir uma escala que pontue os vários atributos dos mapas de conceitos: “proposições, hierarquizações, relações entre conceitos” (p. 121)

Quanto a nós, que optámos essencialmente por uma metodologia de cariz qualitativo, considerámos que seria inadequado à natureza do nosso estudo e aos seus objectivos um tratamento quantitativo dos mapas obtidos. Tal procedimento não traduziria, em nosso entender as relações de significado envolvidas na sua elaboração.

Os resultados a que nos referimos constituem apenas uma interpretação quer da nossa parte quer da parte dos alunos, para os mapas produzidos, sem qualquer preocupação quantitativa, mas procurando apreciar, de modo qualitativo, a (re)organização conceptual dos alunos no sentido de inferir a eventual “mudança conceptual em sentido lato” (Chi et al., 1994, citado em Marques, 1997, p. 31).

Começaremos por referir-nos à opinião dos alunos.

6.3.1.1 - A Opinião dos Alunos

As transcrições que se seguem procuram ilustrar a opinião dos alunos relativas aos mapas de conceitos por si construídos. Far-se-á em simultâneo uma interpretação dessa opinião no sentido de tentar detectar passagens do discurso do aluno que pareçam evidenciar mudança de ideias. Por motivos de anonimato, os alunos são identificados por siglas. As expressões utilizadas pelos alunos são transcritas sem qualquer alteração ou correcção da nossa parte.

Apresentam-se alguns extractos da sua opinião, encontrando-se no **Apêndice 8.4** uma tabela com as opiniões de todos os alunos relativas aos mapas de conceitos construídos.

AC – *“No primeiro mapa não sabia a diferença entre magnitude e intensidade e pensava que ambos eram semelhantes e registados em sismogramas. Também não sabia que os sismógrafos podiam ser horizontais e verticais e associava estes dois conceitos a ondas sísmicas.”*

Esta transcrição permite-nos considerar que inicialmente este aluno confundia intensidade com magnitude, à semelhança da maior parte dos restantes alunos, e que os

termos horizontal e vertical se aplicavam à propagação das ondas sísmicas, que os alunos IS, ou JR também referem:

IS - *“Horizontais e verticais também as relacionei com os movimentos das ondas sísmicas”;*

JR *“ No primeiro caracterizo as ondas sísmicas como horizontais e verticais e no fim caracterizei os sismogramas como horizontais e verticais.”*

- ou aos sismogramas:

EQ *“...Enquanto aos horizontais e verticais relacionava-os com as linhas dos sismogramas...”*

Algumas descrições feitas pelos alunos possibilitam por si só a apreciação das mudanças de opinião dos alunos:

EQ - *“No primeiro esquema disse que os sismos modelam a estrutura do globo terrestre, no segundo disse que a estrutura pode ser estudada através dos sismos também pensava que forças compressivas originavam movimentos magmáticos mas são movimentos tectónicos. Enquanto às ondas sísmicas não relacionei as ondas S, P e L com superficiais e profundas e pensava que podiam ser classificadas segundo a sua magnitude e a sua variação podia ser medida pelas isossistas e pensava que estes também eram abalos premonitórios réplicas e pensava que estes dois conceitos eram a mesma coisa. Enquanto aos horizontais e verticais relacionava-os com as linhas dos sismogramas, e que estes mediam a intensidade.”(sic)*

PS - *“No primeiro mapa de conceitos, tinha apenas uma ideia do que era um sismo, e já tinha ouvido falar e em alguns termos como ondas S, P e L forças de cisalhamento etc., nem sequer tinha ouvido falar. Neste mapa a maior parte das palavras não estão segundo a versão científica, mas do modo que eu achava que as*

frases faziam sentido. No último mapa de conceitos, já organizei segundo o que eu achava cientificamente correcto e conhecia já todos os termos”.

SP – *“Comparando o 1º mapa de conceitos com o 2º mapa de conceitos eu penso que desde as últimas aulas tenho vindo a perceber muitas coisas que não sabia e verifico que no primeiro tenho vários erros que agora acho que são “asneiras” e que com o que tenho aprendido o 2º está mais completo e certo.”*

6.3.1.2 - A Nossa Análise

Como já referimos, a nossa análise baseia-se na interpretação de alguns mapas que traduzem mudanças mais significativas entre aquilo que se poderia chamar o “teste e o re-teste” do mapa de conceitos (Happs, 1985). Por motivos de extensão deste trabalho não poderemos referir-nos a todos os mapas, nem às mudanças particulares ocorridas para cada aluno caso a caso. Por isso, como atrás indicámos, faremos apenas referência aos alunos que elaboraram mapas que se destacam no que se refere aos nossos objectivos: apreciar a mudança conceptual⁶⁰.

A comparação, por exemplo, dos mapas produzidos pelo aluno AR (**Apêndice 8.3**), permite-nos compreender a grande mudança ocorrida na forma como este aluno relaciona os conceitos. Aliás é o próprio aluno que toma consciência de tal facto: *“(…) na 2ª versão o mapa de conceitos é totalmente diferente da primeira versão porque também já temos outra opinião em relação à sismologia”* (sublinhado nosso).

Noutros mapas, como o do aluno AC, destaca-se a importância do conhecimento anterior na reestruturação e elaboração dos novos mapas de conceitos. Este aluno apercebe-se de que o conhecimento anterior lhe facilitou, por um lado a elaboração do

⁶⁰ O que não significa que não existam outros em que tenham ocorrido igualmente alguma modificação conceptual.

primeiro mapa e, por outro, a compreensão de que a elaboração do segundo dependeu em grande parte daquilo que ele já sabia e que, aprendeu de novo foi melhor incorporado no conhecimento que já possuía.

A apreciação individual dos mapas e a opinião dos próprios alunos expressam bem a mudança de ideias e a construção de um novo conhecimento por parte destes. A título de exemplo são de referir os alunos EE, FS que explicitam profundas mudanças na forma como os conceitos passaram a estar ligados, o que pode verificar-se pela observação dos próprios mapas (**cf. Apêndice 8.3**).

Contudo, em alguns alunos como JP, PV ou VS verifica-se não ter havido diferenças significativas entre os mapas produzidos. Tal poderá significar não ter ocorrido uma mudança significativa na opinião dos alunos. Se verificarmos os mapas poderemos constatar que estes alunos elaboraram os primeiros mapas de forma bastante correcta. O mapa de conceitos para estes alunos para além de ter servido para apreciar a mudança conceptual teve, a nosso ver, ainda uma função efectiva de diagnóstico. Tal situação permitiu-nos desde logo identificar nestes alunos a grande capacidade de relacionamento correcto entre os conceitos apresentados o que à partida faria supor que haveria poucas dificuldades de aprendizagem dos conceitos envolvidos no estudo.

Em termos globais as maiores dificuldades surgidas com alguma frequência parecem estar associadas à incorrecta integração, dos conceitos de magnitude e intensidade sísmica bem como as respectivas escalas de avaliação, nos esquemas conceptuais dos alunos.

6.3.2- RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FECHADO

A aplicação do questionário fechado permite-nos obter alguns elementos que auxiliam na apreciação da mudança conceptual na medida em que permitem ter uma

ideia da “movimentação” entre as diversas categorias de resposta no questionário aberto e nas equivalentes no questionário fechado.

Apresenta-se em seguida uma apreciação relativa aos resultados obtidos. Essa apreciação é feita em termos comparativos e tem como preocupação central saber qual a “deslocação” dos alunos entre as categorias estabelecidas para o questionário aberto e as mesmas categorias representadas no questionário fechado pelas alternativas de resposta apresentadas. Recorre-se à mesma notação utilizada na apreciação dos resultados obtidos com o questionário aberto.

Os resultados obtidos são ilustrados através de gráficos ⁶¹ incluídos nas figuras 19 a 22.

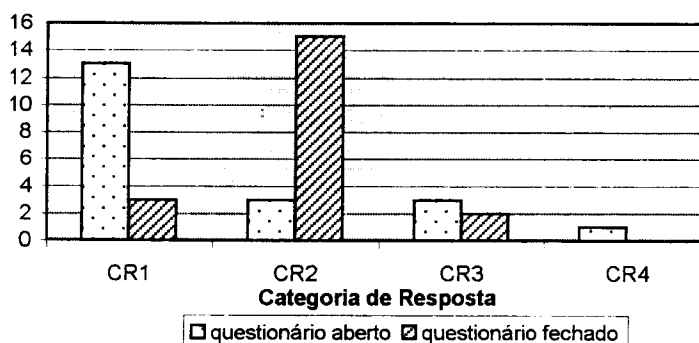
Conceito de sismo

Tendo em conta os resultados obtidos na questão nº 1.1. do questionário aberto e a questão equivalente no questionário fechado (nº 1), relativa ao conceito de sismo (**Figura 19**), verifica-se que três alunos se mantêm na CR1 (movimento: causas e consequências). Também na CR3 (consequências do fenómeno) um aluno se mantém e na CR4 (Outras) mantêm-se 3 alunos. A CR2 (Resposta adequada) passa de 3 elementos para 15. Para tal, contribuíram alguns alunos que se deslocam da CR1 para a CR2 e da CR4 para a CR2.

15% dos alunos tinham inicialmente conhecido o conceito de sismo e após a nossa intervenção essa percentagem subiu para 75% (CR2). Se considerarmos que os alunos da CR1, da CR3 e CR4 não mudaram de opinião 25% do total, pode afirmar-se que os restantes 75% apresentam no final uma opinião diferente e no sentido adequado.

⁶¹ No **Apêndice 6** encontram-se mais detalhadamente os resultados expressos em tabelas e quadros de frequência

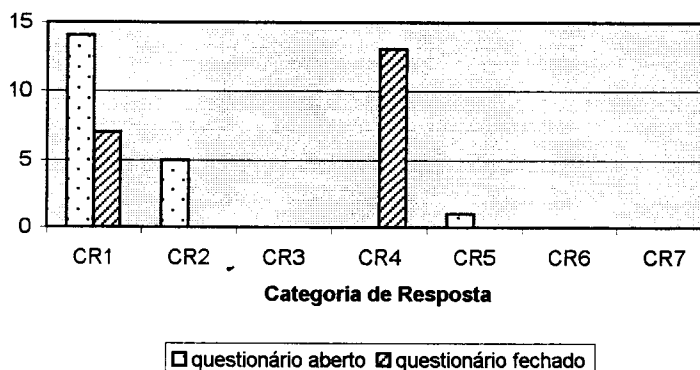
Gráfico 6.1- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 1.1. do questionário aberto e 1. do questionário fechado



Legenda:

CR 1 – Movimento: causas e consequências
 CR 2 – Resposta adequada
 CR 3 – Consequências do fenómeno
 CR 4 – Outras

Gráfico 6.2- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 1.2. do questionário aberto e 2. do questionário fechado



Legenda:

CR 1 – Movimentos tectónicos
 CR 2 – Vulcanismo
 CR 3 - Causas artificiais
 CR 4 – Resposta adequada
 CR 5 – Outras
 CR 6 – Inconclusiva
 CR 7 - NR

Figura 19 – Resultados da aplicação dos questionário. Questões relativas ao conceito de sismo (gráfico 6.1.) e causas dos sismos (gráfico 6.2.)

Causas dos sismos

Relativamente à questão 1.2. do questionário aberto e a sua correspondente 2. do questionário fechado, relativas às causas dos sismos (**Figura 19**), verificaram-se os seguintes resultados:

- a CR4 (Resposta adequada) que inicialmente não tinha qualquer elemento passa a ter 13 elementos;
- a CR1(movimentos tectónicos) passa de 13 elementos para 7 deslocando-se os restantes para a CR4;
- da CR5 (Outras) passa o único elemento para a CR4 .

Considerando estes resultados verifica-se que 65% dos alunos emitem respostas que permitem inferir uma modificação da sua opinião acerca das causas dos sismos, no sentido correcto (CR4).

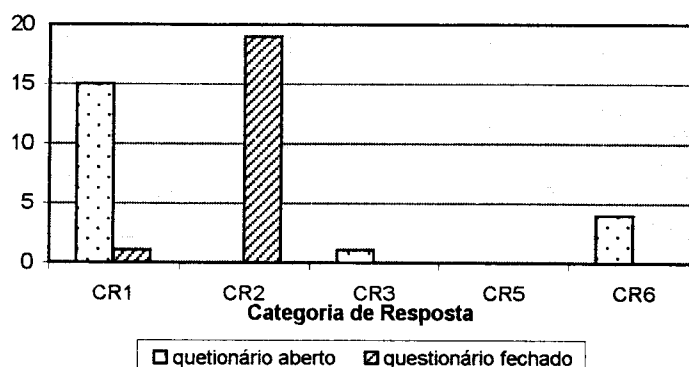
Fontes de informação para a descrição de sismos

Quanto à questão nº 1.3. do questionário aberto e sua correspondente nº 3 do questionário fechado relativas às fontes de informação para a descrição dos sismos (**Figura 20**), verifica-se que:

- na CR1(equipamentos de avaliação sísmica) inicialmente com 14 elementos, fica reduzida a apenas um;
- todos os restantes elementos transitam para a CR2 (Resposta adequada) o que aconteceu também na CR3 (comunicação social), CR4 (Outras) e CR6 (Inconclusiva).

Considerando que na CR1 apenas se mantém um aluno e que todos os restantes transitam para a CR2 verifica-se, de acordo com estes resultados, que 95% dos alunos

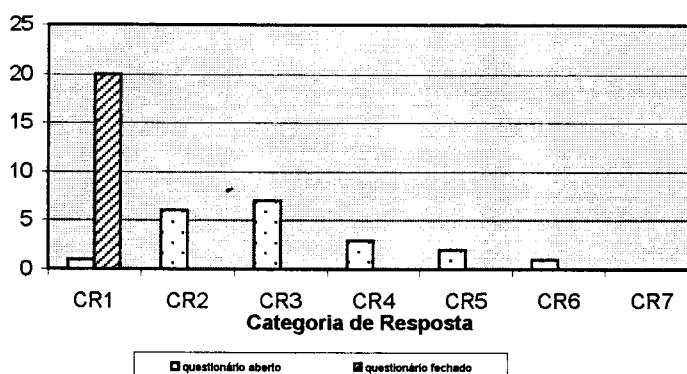
Gráfico 6.3- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 1.3. do questionário aberto e 3. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 – Equipamento de avaliação sísmica
- CR 2 – Resposta Adequada
- CR 3 – Comunicação social
- CR 4 - Outras
- CR 5 - NR
- CR 6 - Inconclusiva

Gráfico 6.4- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 2.1. do questionário aberto e 4. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 – Resposta adequada
- CR 2 - Variação em função da distância
- CR 3 - Variação em função das condições materiais
- CR 4 - Distância entre os pontos
- CR 5 -Outros
- CR 6 - Inconclusiva
- CR 7 - NS/NR

Figura 20 – Resultados da aplicação dos questionário. Questões relativas às fontes de informação para a descrição de sismos (gráfico 6.3.) e factores que interferem na intensidade sísmica (gráfico 6.4.)

modifica com a sua resposta a sua opinião no sentido correcto relativamente às fontes de informação para a descrição rigorosa dos sismos.

Factores que interferem na intensidade sísmica

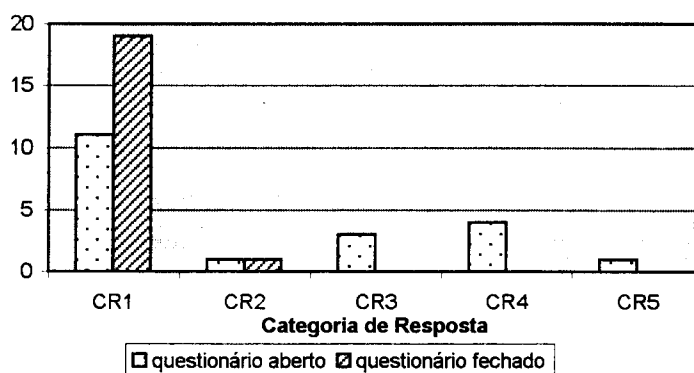
Na questão nº 2.1. do questionário aberto e 4. do questionário fechado, relativas à forma como se faz sentir um sismo em dois locais distintos mas à mesma distância do seu local de origem (**Figura 20**), obtivemos os seguintes resultados:

-no questionário aberto apenas um aluno se encontrava na CR1(resposta adequada). A análise dos resultados do questionário revela que todos os restantes alunos inicialmente dispersos pelas várias CR, se transferem para a CR1 pelo que pode afirmar-se que também aqui 95% dos alunos emitem respostas que revelam modificar as suas opiniões no sentido adequado.

Propagação da energia sísmica

Quanto à propagação da energia sísmica a que se referiam as questões 2.2. do questionário aberto e 5. do questionário fechado (**Figura 21**)verificou-se logo no questionário aberto que 55% dos alunos respondiam correctamente – CR1 (ondas sísmicas). Essa percentagem sobe para os 95% pois todos os alunos distribuídos pelas restantes CR se transferem para a CR1. Apenas um aluno se transfere no sentido da resposta inadequada passando para a CR2 (movimentos tectónicos). Verifica-se, em resumo, que apenas 40% dos alunos modifica a sua opinião que nos parece de fácil entendimento para os alunos e que, por isso, não revelou grande discrepância de opiniões relativamente à noção adequada da propagação da energia sísmica.

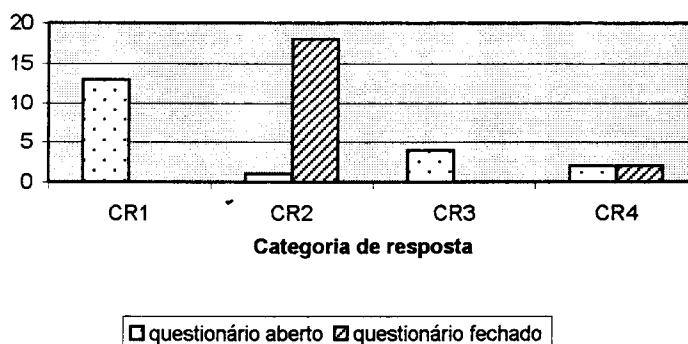
Gráfico 6.5- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 2.2. do questionário aberto e 5. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 – Resposta adequada
- CR 2 – Movimentos tectônicos
- CR 3 - Influência do oceano
- CR 4 – Inconclusiva
- CR 5 – NS/NR

Gráfico 6.6- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 3.1. do questionário aberto e 6. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 – Intensidade
- CR 2 – Resposta adequada
- CR 3 – Escalas
- CR 4 - Outras

Figura 21 – Resultados da aplicação dos questionário. Questões relativas à propagação da energia sísmica (gráfico 6.5.) e conceito de magnitude (gráfico 6.6.)

Conceito de magnitude

Uma das mudança mais substantivas em todas as ideias manifestadas pelos alunos foi relativa à confusão inicial entre intensidade e magnitude a que se referiam as questões 3.1. do questionário aberto e 6. do questionário fechado (**Figura 21**). Entre os alunos a que nos referimos passou-se de uma percentagem de 65% que consideravam que a magnitude de um sismo é o mesmo que intensidade (CR1) para 0%. 90% dos alunos considera agora, correctamente que aquela representa a energia libertada no foco sísmico (CR2).

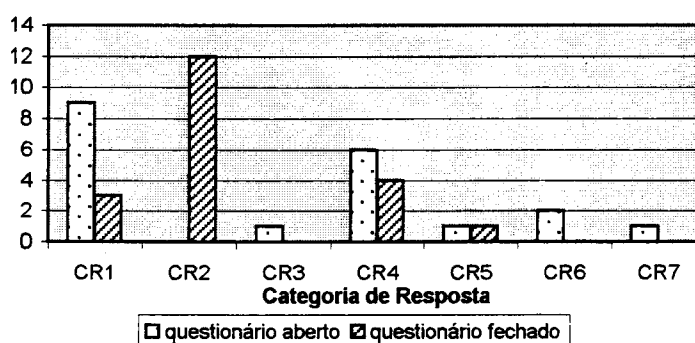
Zonas de maior incidência sísmica

No que respeita à questão nº 4 do questionário aberto e 7. do questionário fechado (**Figura 22**), verifica-se que 40%, de um total de 45% de alunos que refere apenas as regiões vulcânicas (CR1), se transfere para a CR2 (Resposta adequada) , categoria que não verifica no primeiro questionário qualquer elemento. Esta CR passa a englobar os alunos proveniente da CR3 (localização geográfica), CR4 (distribuição indiferenciada) que verifica no questionário aberto uma percentagem de 30% CR6 (Outras) e CR7 (NS/NR). 60% dos alunos passa a considerar correctamente que a distribuição dos sismos ocorre de modo não aleatório mas que incide em determinadas áreas que coincidem com limites de placas litosféricas.

Importância dos estudos de sismologia

Relativamente à questão 5. do questionário aberto e 8. do questionário fechado relativas à importância dos estudos de sismologia (**Figura 22**), verifica-se que há uma grande dispersão pelas diversas CR relativamente ao questionário aberto. 20% dos alunos refere a previsão sísmica (CR1), 20% a utilidade para conhecer os modos de

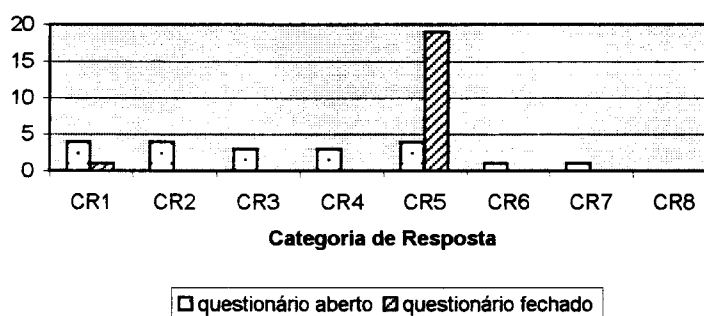
Gráfico 6.7- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 4. do questionário aberto e 7. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 - Regiões vulcânicas
- CR 2 - Resposta adequada
- CR 3 - Localização geográfica
- CR 4 - Distribuição indiferenciada
- CR 5 - Próximo do mar
- CR 6 - Outras
- CR 7 - NS/NR

Gráfico 6.8- Distribuição dos alunos por Categoria de Resposta (CR) relativa à questão 5. do questionário aberto e 8. do questionário fechado



Legenda:

- CR 1 - Previsão
- CR 2 - Atitudes
- CR 3 - Estudo da Terra
- CR 4 - Mecanismo de geração
- CR 5 - Resposta adequada
- CR 6 - Outras
- CR 7 - Inconclusiva
- CR 8 - NR

Figura 22 – Resultados da aplicação dos questionário. Questões relativas às zonas de maior incidência sísmica (gráfico 6.7.) e importância do estudo da sismologia (gráfico 6.8.)

actuação(CR2), 15% o estudo da Terra (CR3), 15% o estudo do mecanismo de geração (CR4), CR6 –5% (Outras) e 5% CR7 (Inconclusiva). Nos resultados do questionário fechado, verifica-se que apenas um aluno se transfere da CR5 para a CR1, o que não corresponde a uma mudança no sentido adequado. Todos os restantes passam para a CR5 que considera que são múltiplas as utilidades do estudo dos sismos.

Fazendo uma apreciação global, poderemos afirmar, de acordo com os resultados apresentados, que a maioria dos alunos se aproximou da versão curricularmente correcta. Se considerarmos esta aproximação como um indicador de mudança conceptual, poderemos afirmar que esta deve ter ocorrido entre os alunos da turma em que foi desenvolvido o estudo e em relação aos conceitos abordados.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA OUTRAS INVESTIGAÇÕES

7.1 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO ESTUDO

Algumas das principais interrogações que se colocam ao investigador no final da sua pesquisa é a de saber se o seu estudo contribuiu para responder à questão inicialmente formulada, se os seus objectivos foram atingidos e ainda se se confirmam, ou não, as suas hipóteses.

Relativamente ao primeiro aspecto, o estudo apresentado destaca como principal resultado, da aplicação de modelos construtivistas a necessidade de uma nova atitude do professor face ao conteúdo científico e face ao aluno. A nível didáctico e epistemológico essa atitude deve traduzir-se numa forma diferente de ver a disciplina que o professor de ciências lecciona bem como os alunos que tem à sua frente. Perspectiva-se assim uma nova actuação didáctica que valoriza ainda as concepções dos alunos numa imagem racionalista de ciência que deve desenvolver. É precisamente neste aspecto que residiram as nossas principais preocupações na condução da investigação.

Podemos afirmar que um dos resultados mais marcantes da aplicação do modelo didáctico seguido neste estudo se traduz no reconhecimento, pelos alunos, de que a sua aprendizagem depende da sua capacidade de pensar reflexivamente. O reconhecimento de que a construção cognitiva deve partir do seu empenho pessoal, o auxílio do professor e o debate de opiniões com seus colegas, são assim decisivos para uma aprendizagem mais efectiva.

Quanto ao cumprimento dos nossos objectivos, consideramos que estes foram atingidos. Foi possível identificar o conhecimento prévio dos alunos. Esse

conhecimento revelou algumas ideias alternativas no que respeita aos conceitos científicos inseridos no estudo. Para além disso, essas representações possibilitaram uma adequação das actividades desenvolvidas às efectivas necessidades dos alunos, o que facilitou a sua aprendizagem. Foi também possível avaliar, de alguma forma, a mudança conceptual nos alunos submetidos ao estudo, bem como os resultados da aplicação do modelo didáctico utilizado no contexto real da sala de aula.

Relativamente à confirmação das hipóteses previamente formuladas esta é feita tendo por base o conjunto diversificado de dados obtidos e não por qualquer teste estatístico que, sendo adequado para as hipóteses experimentais, não faz sentido no tipo de desenvolvimento que demos ao nosso trabalho.

No que respeita à primeira hipótese formulada, *os alunos relevam “ideias alternativas relativamente ao tópico sismologia*, tudo aponta no sentido de podermos afirmar que se confirma. Efectivamente, tendo havido o cuidado prévio de definir um grupo relativamente amplo de alunos, os resultados apresentados revelaram que em todos os agrupamentos disciplinares se verificaram opiniões idênticas, as quais demonstram que os alunos partilham um conjunto de representações comuns.

Quanto à segunda hipótese, (H2) - *A utilização de materiais didácticos elaborados tendo em conta as ideias prévias dos alunos facilita a sua aprendizagem*, pode afirmar-se, a partir da análise dos resultados obtidos da aplicação desses materiais e corroborado com a opinião expressa pelos próprios alunos, que se confirma.

Quanto à terceira hipótese, (H3) - *As estratégias de raiz construtivista são facilitadoras da mudança conceptual dos alunos*, de acordo com os resultados obtidos, tudo indica que de facto o modelo didáctico utilizado facilitou a mudança conceptual dos alunos. Contudo, as limitações que tivémos de impôr ao nosso estudo não nos

permitem identificar em que “grau” essa mudança conceptual foi facilitada; isto é, o grau de consolidação das novas conceptualizações, o que reconhecemos ser extremamente difícil de avaliar.

No que respeita à quarta hipótese, (H4) – *Os modelos de ensino de raiz construtivista facilitam a mudança conceptual dos alunos*, os resultados indicam que o modelo aplicado facilitou a mudança conceptual dos alunos. Parece-nos, contudo, que pelas limitações a que já nos referimos, não se determina qual o tipo de actividades, de reconhecimento, de reflexão ou de reconstrução o que mais contribuiu para a facilitar a mudança conceptual. Embora estejamos convictos que é da articulação entre todas que mais facilmente se pode contribuir para a modificação das conceptualizações dos alunos. Os resultados obtidos conferem, no entanto, algum destaque às actividades de reflexão.

Como conclusões finais, o desenvolvimento e os resultados obtidos levam-nos a afirmar que pôr em prática a aplicação de um modelo de características construtivistas exige, antes de mais, que cada professor esteja consciente do princípio básico subjacente a tal modelo – as representações prévias dos alunos. A construção do “edifício” cognitivo não parte do projecto de construção, mas de algo que, por muito pouco que seja, já foi edificado. Se quisérmos ampliar ou remodelar essa construção teremos sempre de modificar algo, por pouco que seja, do que já estava construído. É esta a imagem que o professor, com uma atitude construtivista, deve reter do aluno: alguém que está em “construção” e que precisa muitas vezes de “destruir” parte do que já foi construído para que se “reconstrua melhor” e “amplie” o que já existe.

Consideramos que a implementação da didáctica construtivista, conforme se encontra preconizado nos programas das disciplinas de ciências naturais e afins, deve começar com um esforço de formação de professores a quem sejam ministrados novos

conhecimentos sobre a abordagem construtivista do ensino das ciências que passe, nomeadamente, pela divulgação dos resultados das investigações desenvolvidas neste domínio. Só assim se implantará esta tendência didáctica, pois só assim ocorrerão as necessárias mudanças de atitudes dos professores face ao ensino das ciências.

O estudo desenvolvido permite, de alguma forma, reconhecer que uma verdadeira abordagem construtivista não deve também ignorar vertentes tão importantes como a Epistemologia ou a História das Ciências. A inclusão destes componentes conjuntamente com as representações dos alunos, deve contribuir para uma verdadeira mudança que se pretende conceptual, mas que se consolida através de uma mudança metodológica e atitudinal, sob pena de ficar por aquilo a que Furió (1996) designa por “reducionismo conceptual”.

7.2 - IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

De acordo com os resultados obtidos, e apesar das limitações do estudo, tudo indica que um dos aspectos mais positivos das estratégias aplicadas esteja no debate de ideias entre os alunos, traduzido no confronto de diversos pontos de vista. Tal debate terá sido decisivo no despoletar de mecanismos de conflito cognitivo entre os alunos, realçando-se assim a importância de partilha de opiniões entre estes.

Um outro aspecto que merece destaque dos resultados obtidos, com eventuais implicações educacionais, diz respeito à atitude do professor. Uma actuação didáctica de cariz construtivista pressupõe da parte deste uma atitude orientadora e facilitadora das aprendizagens. Entre outros aspectos, deve promover entre os alunos o diálogo e o debate de opiniões que conduzam à reflexão e argumentação lógica das suas ideias. Desta forma o professor vai tomando conhecimento de eventuais lacunas de

aprendizagem e assim detecta mais facilmente os obstáculos, quer se trate de conteúdos ou de formas de pensar impeditivas da aquisição de novas aprendizagens.

O estudo, tendo contado com uma análise a diversos manuais, no sentido da adopção de algumas actividades e que não se encontraram adequadas ao modelo, faz ressaltar a necessidade de que estes passem a estar adaptados a esta nova realidade didáctica. O manual deverá, em nosso entender, proporcionar aos alunos a possibilidade de construir e reconstruir o seu conhecimento que tenha em conta as suas convicções. Esses manuais devem passar, por um lado, a referir os resultados das investigações sobre representações dos alunos, relativas aos diferentes tópicos e, em consequência, proporcionar um conjunto de actividades que promovam o *reconhecimento, reflexão, reconstrução, e re-avaliação* como patamares fundamentais para a construção do conhecimento dos alunos.

Em termos de gestão de programa, o estudo levanta a hipótese de se considerar que uma actuação didáctica deste tipo implique mais tempo para a leccionação de cada tópico programático. Pelo contrário, a nossa investigação revelou que, sendo abordado de modo simultâneo um vasto conjunto de conceitos, e tendo em conta as diferenças individuais, a discussão de pontos de vista e a resolução de actividades, reduz o tempo que os alunos utilizam. Isto é, tendo em conta que houve uma identificação prévia das representações dos alunos e que o desenvolvimento das actividades se baseou nos seus pontos de vista e opiniões, os seus esforços serão canalizados para a aprendizagem de conteúdos que lhes ofereçam maior dificuldade e que variam, obviamente, de aluno para aluno.

Considerando o espírito das diversas modalidades de avaliação a que os alunos estão submetidos, a adopção de modelos didácticos construtivistas perspectiva de modo

diferente a avaliação de diagnóstico e a avaliação formativas, fundamentalmente. Em relação à avaliação diagnóstico, esta deixa de fazer-se estritamente para conteúdos científicos que o aluno já conhece (ou não), para passar a contemplar a possibilidade de expressar as suas representações espontâneas ou as suas “ideias alternativas” o que dá ao professor uma informação muito mais rica acerca da situação do aluno.

A avaliação formativa, ao contrário do que acontece na maior parte dos casos, passa a estar comprometida com a avaliação diagnóstico, na medida em que esta aprecia a confluência da evolução do aluno face ao novo conhecimento e ao diagnóstico prévio. Isto é, a avaliação formativa passa a contemplar a avaliação dos conteúdos científicos, mas não ignora a influência do conhecimento prévio do aluno obtido através da avaliação de diagnóstico.

7.3 - AS LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Uma das limitações da pesquisa, no que respeita à aplicação do questionário para identificação de ideias alternativas dos alunos, prende-se com questões de representatividade. Ao contrário da nossa pretensão inicial, aplicar o questionário em várias escolas do distrito de Évora, esta ficou limitada a uma escola secundária. Foram vários os condicionalismos que nos impediram a administração atempada num conjunto mais vasto de escolas, nomeadamente: tempo para elaboração e aplicação do questionário, mas fundamentalmente devido ao facto dos conteúdos a que se reporta o nosso trabalho terem sido leccionados logo no início do ano lectivo, altura em que os instrumentos de recolha de dados estavam numa fase de elaboração e validação. Assim, como referimos, a amostra utilizada não permite que se possam generalizar os resultados obtidos.

A falta da caracterização sócio-económica dos alunos que foram alvo da experiência não nos permite expressar os resultados segundo essas variáveis, nem afirmar de que forma os resultados obtidos foram influenciados por estas.

Quanto às estratégias e material utilizado, pretendemos recorrer actividades de carácter prático e experimental com mais frequência. No entanto, a aproximação das provas globais em meados de Maio e a realização dos últimos testes impediram-nos de o fazer dado o tempo que tínhamos disponível.

O facto de não podermos prolongar o nosso estudo e apesar dos momentos em que procedemos à avaliação da mudança conceptual, os resultados levam-nos a considerar que a difícil “quantificação” desse aspecto, exigiria um acompanhamento mais prolongado dos alunos sobre os quais incidiu a investigação.

7.4 - SUGESTÕES PARA OUTRAS INVESTIGAÇÕES

Os resultados obtidos sugerem-nos outras investigações que teriam interesse levar a cabo neste domínio.

Considerando a perspectiva que é dada ao estudo da sismologia ao nível do décimo ano de escolaridade, uma investigação que, em nossa opinião e de acordo com os dados disponíveis, teria todo o interesse seria verificar em que medida é que a aprendizagem do tópico “Estrutura Interna da Terra” (que depende de um bom domínio de conhecimentos de sismologia) é facilitada entre os alunos que abordam este tópico com recurso ao modelo desenvolvido neste estudo.

Com o objectivo de generalizar as “ideias alternativas” identificadas poder-se-ia realizar um estudo mais vasto, dado que o conjunto de dados disponíveis permite-nos elaborar instrumentos de recolha de dados aplicáveis a grandes amostras.

Finalmente, as dificuldades em avaliar a mudança conceptual no nosso estudo, sugere-nos um outro, de natureza mais vasta, com o principal objectivo de verificar se a construção do conhecimento dos alunos em ciências ocorre mais por *mudança* (brusca) ou por *modificação* (gradual) das suas estruturas conceptuais.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia e referências bibliográficas

- A.A.V.V. (1988). El profesor como investigador. *Cuadernos de Pedagogia*, 155, (CD ROM).
- A.A.V.V. (1990). Los procedimientos. *Cuadernos de Pedagogia*, 180, (CD ROM).
- A.A.V.V. (1991). Conocimientos previos y aprendizaje escolar. *Cuadernos de Pedagogia*, 118, (CD ROM).
- A.A.V.V. (1992). Resolución de problemas. *Cuadernos de Pedagogia*, 202, (CD/ ROM).
- A.A.V.V. (1995). O papel da educação em ciências da natureza nas sociedades contemporâneas: que problemas? que desafios? que perspectivas? In M. Miguéis *et. al.* (Coord.), *Actas do V encontro nacional de docentes -Educação em ciências* 265- 284. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- Abimbola, I.O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72, 175-184.
- Albarello, L., Digneffe, F., Hiernaux, J.P. Maroy, C., Rocoy, D. e Saint-Georges, P. (1995). *Práticas e métodos de investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.(trabalho original em francês publicado em 1995)
- Alcántara, J. (s.d.). *Como educar as atitudes*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Alcaravela, M. e Rodrigues, A. (1996). *Ciências da Terra e da Vida 10º ano*. Lisboa: Plátano Editora.
- Aleixandre, M. (1988 a). Enseñanza de las ciencias. *Cuadernos de Pedagogia*, 155, (CD ROM).
- Aleixandre, M. (1988 b). Rosalind Driver. *Cuadernos de Pedagogia*, 155, (CD ROM).
- Aleixandre, M. (1995). Comparando teorías: la reflexion sobre la naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado. In Lorenzo J. B. Nieto & V. M. Jiménez (coord.). *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España e Portugal*. 267-280. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Almeida, A. e Vilela, M. (1996). *Didáctica das ciências: aceleração cognitiva, teoria e prática*. Rio Tinto: Edições ASA.

- Almeida, L. e Freire, T. (1997). *Metodologia da investigação em psicologia e educação*. Coimbra: APPORT.
- Alves, H. (1992). *Guia de Estilística Prática*. Évora: Universidade de Évora.
- Amador, F. (1995). Utilização de imagens em geologia. Algumas reflexões sobre as suas potencialidades e dificuldades em termos didáticos. In M. Miguéis (Coord.) *Actas do V encontro nacional de docentes - educação em ciências da natureza*, 165-172. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- American Psychological Association (1994). *Publication manual* (4ª ed.). Wasginton DC: Autor.
- Anderson, O. (1992). Some interrelationships between construtivist models of learning and current neurobiological theory with implications for science education. *Journal of Reasearch in Science Teaching*, 29 (10), 1037-1058.
- Andrade, G. (1991). *Ensino da Geologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Anguita, F. (1994). Geologia, ciencias de la Tierra, ciencias de la naturaleza: paisaje de un aprendizaje global. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 15-21.
- Ariza, R. (1993). La didáctica de las ciencias. *Cuadernos de Pedagogia*, 210, (CD ROM).
- Arnold, P., Sarge, A. e Worral, L. (1995). Children`s knoweldge of the earth`s shape and its gravitacional field. *Science Education*. 17 (5), 635-641.
- Astolfi, J. P. (1993). Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencias: la forma de franquearlos didácticamente. In C. Gómez, D. Ansoleaga S. Antonio e A. Lázaro (Eds.) *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: Investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993*. 289-306. Madrid: Ministério de Educacion y Ciencia.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. e Hanesian, H. (1991). *Psicologia educativa: um ponto de vista cognoscitivo* (2ª ed.). México: Trillas (trabalho original em inglês publicado em 1968)
- Azevedo, C. e Azevedo, A. (de). (1994). *Metodologia científica: contributos práticos para a elaboração de trabalhos académicos*. (2ª ed.). Porto: Edição de Carlos Azevedo.
- Azevedo, M. (1994). *Teses, relatórios e trabalhos escolares: sugestões para a sua elaboração*. Lisboa: Departamento de Educação. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa.
- Bachelard, G. (s.d.). *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70. (trabalho original em francês publicado em 1971)

- Bachelard, G. (1981). *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70. (trabalho original em francês publicado em 1971)
- Baker, R. (1991). Misconceptions. *Science Education*, 75 (3), 323-330.
- Banet, E. e Núñez, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition: a constructivist approach. *International Journal Science Education*, 19 (10), 1169-1194.
- Baquero, R. (s.d.). *Vygotsky y el aprendizaje escolar*. Madrid: Aique.
- Barbosa, L. (1995). *Trabalho e dinâmica dos pequenos grupos. ideias para professores e formadores*. Santa Maria da Feira: Edições Afrontamento.
- Bardin, L. (1995). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.(trabalho original em francês publicado em 1977)
- Barrabín, J. (1995). Por qué hay veranos e inviernos? representaciones de estudiantes (12-18) sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 227-236.
- Barrio, O. (1994). *Didáctica curricular. Un enfoque curricular*. Alcoy: Marfil.
- Barrón, A. (1993). Aprendizaje por descubrimiento: principios y aplicaciones inadecuadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 3-11.
- Bastida, M., Ramos, F., Luffiego, M. e Soto, J. (1994). Qué hacer con los conceptos previos? el caso de la nutrición humana. *Alambique*, 2 , 112-118.
- Batista, J. e Melo, M. (1992). *Ciências naturais 7º ano* . Lisboa: Editorial o Livro
- Batista, J. e Melo, M. (1995). *Ciências naturais 10º ano* . Lisboa: Editorial o Livro
- Bell, B. e Freyberg P. (1991). El lenguaje en la clase de ciencias. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencias-implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 56-73. Madrid:Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Bell, B., Osborne, R e Tasker, R. (1991). Averiguar lo que piensan los niños. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencias-implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 252-272. Madrid:Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Bell, J. (1997). *Como realizar um projecto de investigação*. Lisboa: Gradiva. (trabalho original em francês publicado em 1993)
- Benlloch, M. (1984). La montaña se ha gastado. In *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*, 141-155. Madrid:Visor.

- Best, J. (1982). *Cómo investigar en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Bettencourt, T. e Amaral I. (1994). A nutrição das plantas. In F. Cachapuz (ed.) *Ensino das ciências e formação de professores* nº 3, 33-87. Projecto Mutare: Universidade de Aveiro.
- Beviá, L. (1994). Análise de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 39-44.
- Bisquerra, R. (1996). *Métodos de investigación educativa- guia pratica*. Barcelona: CEAC.
- Blanché, R. (s.d.) *A epistemologia*. (2ª ed.). Lisboa: Editorial Presença.
- Blanco, G e Pérez, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. in *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Bogdan, R. e Biklen, S. (1995). *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora. (trabalho original em inglês publicado em 1982).
- Bolt, B. A. (1980). The fine structure of the earth's interior. In B. A. Bolt. (Ed) *Scientific American. Earthquakes and volcanoes*. 74-96. San Francisco: W.H. Freeman and Company
- Bolt, B. A. (1978). *Earthquakes -a primer*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Bolt, B. A. (1982). *Inside the Earth*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Bolt, B.A. (1993). *Earthquakes and geological discovery*. New York: Scientific American Library:
- Bonafont, C. et, al. (1979). *Os 10 grandes da Psicologia*. (2ªed.). Lisboa: Verbo.
- Boore, D. (1980). The motion of the ground in earthquakes. In B. A. Bolt. (Ed) *Scientific American. Earthquakes and volcanoes* 9-39. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Bordenave, J. D. e Pereira, A.M. (1991). *Estratégias de ensino-aprendizagem*. (12ª ed.). Petropolis: Editora Vozes.
- Brandão, J. (1991)- *Geologia 12º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Bronowski, J. (1983). *Introdução à atitude científica*. (2ª ed.). Lisboa: livros Horizonte.
- Bruner, J. (1989). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Psicológica.

- Bryman, A. e Cramer, D. (1993). *Análise de dados em ciências sociais*. Oeiras: Celta Editora. (trabalho original publicado em inglês em 1990)
- Caamaño, A. (1996). Las ideas del alumnado en ciencias. *Alambique*, 7, 5-6.
- Caballer, M. e Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pp. 63-68.
- Caballer, M. e Oñorbe, A. (1997). Resolución de problemas y actividades de laboratório. In L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, 107-131. Barcelona: Editorial Horsori.
- Cachapuz, A. (1988). A aprendizagem da química e o desenvolvimento de um instrumento de avaliação diagnóstico/formativa para uso na sala de aula —estudo de um caso. M. Miguéis (Coord.), *Actas do 1º encontro nacional de didácticas e metodologias de ensino*, 328-339. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Cachapuz, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In A. D. Carvalho (ed.) *Novas metodologias em educação*, 350-385. Porto: Porto Editora.
- Cachapuz, A. (1997 a). Pensar analogias/metáforas: Da necessidade epistemológica à mudança no ensino das ciências in Laurinda Leite et al. (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 157-164. Braga. Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Cachapuz, A. (1997b). Ensino das ciências e mudança conceptual: estratégias inovadoras de formação de professores. M.E. Santos et. al. (Ed). *Ensino das Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Cachapuz, A., Malaquias, I.P. Pedrosa, M.A. Loureiro, M.J. Thomaz, M.F. e Costa, N. (1991). Problemática das concepções alternativas na formação inicial de professores de física e química. In I. Martins, A. Andrade, A. Moreira, M. Sá, e A. Paredes (Eds.), *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 173-184 Aveiro: Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.
- Cailleux, A. (1952). *Introdução à Geologia*. Lisboa: Editorial Notícias.
- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomia. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 81-96.
- Cañal, P. (1988). Un marco curricular en el modelo sistémico investigativo. In R. Porlán et. al. (Eds.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*, 137- 156. Sevilla: Díada Editora.
- Carmen, L. (1997). Recursos para la enseñanza de las ciencias de la naturaleza. L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza*

en la educación secundaria, 201-212. Barcelona: Editorial Horsori.

- Carmen, L. e Pedrinaci, E. (1997). El uso del entrono y el trabajo de campo. L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciências de la naturaleza en la educación secundaria*, 133-154. Barcelona: Editorial Horsori.
- Carmen, M. (1975). La enseñanza de las ciencias en los estudios secundarios. *Cuadernos de Pedagogia*, 1, (CD ROM).
- Carrascosa, A. e Gil, D. (1985). La “metodologia de la superficialitat” I l’aprenentatge de las ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.
- Carretero, M. (1986). Vygotsky. La concepción del desarrollo. *Cuadernos de Pedagogia*, 141, (CD ROM).
- Carretero, M. (1993). *Construtivismo y Educación*. Zaragoza: Editorial Luis Vives
- Carrilho, M. (1994). *A Filosofia das Ciências: de Bacon a Feyerabend*. Lisboa: Editorial Presença.
- Carvalho, A. (1988). *Epistemologia das ciências da educação*. Lisboa: Edições Afrontamento.
- Carvalho, A. e Gil, D. (1993). *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo: Cortez Editora. (trabalho original em espanhol publicado em 1992).
- Catalá, M. e Vila, N. (1995). Las funciones lingüísticas en el processo de adquisición de los conocimientos científicos, *Aula*, 43, 13-18.
- Ceia, C. (1995). *Normas para apresentação de trabalhos científicos*. Lisboa: Editorial Presença.
- Chalmers, A. F. (1987). *Qué es esa cosa llamada ciencia?* (5ª ed.). Madrid: Siglo Veituno Editores.
- Chi, M.T. H., Slotta, J.D. e Leeuw, N. (1994). From thing to process a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instrution*, 4, 22-43.
- Ciari, B. (1997). *As Novas Técnicas Didácticas* (2ª edição). Lisboa: Editorial Estampa.
- Cid, M. e Valente, M. (1997). A perspectiva ciência-tecnologia-sociedade: alguns efeitos na aprendizagem dos alunos. In L. Leite *et al.* (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 187-198. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Clavel, M. e Duarte, M. (1997). O software multimédia como facilitador da mudança conceptual com alunos do 8º ano sobre teoria cinético-molecular. In L. Leite *et al.* (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 367-372. Braga: Universidade do

Minho. Departamento de Metodologias da Educação.

- Clegg, F. (1995). *Estatística para todos*. Lisboa: Gradiva. (trabalho original em inglês publicado em 1990)
- Cobern, W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*. 80(5), 579-610.
- Cohen, L. e Manion, L. (1990). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: Editorial La Muralla. (trabalho original em inglês publicado em 1982).
- Coll, C. e Martín, E. (1994). La evaluación del aprendizaje en el currículum escolar: una perspectiva constructivista. In C. Coll. *et. al. (coord.) El constructivismo en el aula*, (2ªed.), 163- 183. Barcelona: Editorial Graó.
- Coll, C. e Solé, I. (1989). Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica. *Cuadernos de Pedagogía*, 168, (CD ROM).
- Compiani, M. e Gonçalves, P. (1996). Epistemología e historia de la geología como fuentes para la seleccion y organizacion del curriculum. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 4 (1), 38-45.
- 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.
- Correia, A. (1991). *Utilização de modelos em geofísica. Aplicação ao campo geomagnético e à previsão de sismos*. Évora: Universidade de Évora.
- Correia, M. (1991). Ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos. In I. Martins, A. Andrade, A. Moreira, M. Sá, e A. Paredes (Eds.), *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 185-210. Aveiro: Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.
- Cosgrove, M. e Osborne R. (1991 a). Modelos didácticos para cambiar las ideas de los alumnos. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencias-implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 166-184. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Cosgrove, M. e Osborne R. (1991b). Secuencia de enseñanza sobre la corriente eléctrica. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencias-implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 185-206. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Costa, A. (1986). *Introdução à história e filosofia das ciências*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Costa, F., Garcia, M. Gameiro, M. e Terça, O. (1997). *Geologia construindo conceitos sobre a terra*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

- Costa, M (1997). A compreensão dos estudantes sobre a epistemologia da ciência in Laurinda Leite(ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 199-210. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Crespo, M. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de química. *Alambique*, 7, 37-44.
- Cruz, C. (1996). La história de la geología como hilo conductor de una unidad didáctica: tectónica de placas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4 (1), 59-66.
- Cubero, R. (1988). Los esquemas de conocimiento de los niños. *Cuadernos de Pedagogia*, 165, (CD ROM).
- Cubero, R. (1993). *Como trabajar con las ideas de los alumnos*. (2ª ed.). Sevilla: Díada Editora
- Dancy, J. (s.d.). *Epistemologia contemporânea*. Lisboa: Edições 70. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Davis, D. (1984 a) - *Structural geology of rocks and regions*. New York: Jonh Wiley & Sons.
- Davis, D. (1984 b). Explosões nucleares e sismos. In. I. Gass (Ed.). *Vamos compreender a Terra*, 125-146. Coimbra: Almedina.
- Dercourt, J. & Paquet, J. (1986). *Geologia objectos e métodos*. (1ª edição). Coimbra: Livraria Almedina (trabalho original em inglês publicado em 1981).
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: D.C. Heath & Co., Publishers.
- Dewey, J. (1989). *Cómo pensamos*. Barcelona: Paidós. (trabalho original publicado em inglês em 1910).
- Domingo, M. e Ambrós, S. (1996). Que puede aportar el conocimiento de la historia de la geología a los profesores en formación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 4, (1), 13-20.
- Domingos, A.M. e Neves, I.P. (1978) *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem*. 3ª ed. Lisboa: Livros Horizonte.
- Domingues, H. (1995). *A Terra e a vida - ciências naturais 7º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Drake, L.A. (1989). Love and Rayleigh waves in irregular structures. In J. Litehiser (ed.) *Observatory seismology*. Berkeley: University of California Press.
- Driver, R. (1983). *The pupil as a scientist?* London: The Open University Press.

- Driver, R. (1993). Una visión construtivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias. . In Carlos Palácios Gómez, David Ansoleaga San Antonio & Andrés Ajo Lázaro (eds.) *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: Investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993*. 307-330. Madrid: Ministério de Educacion y ciencia.
- Driver, R. e Oldham, V. (1988). Un enfoque construtivista del desarrollo curricular en ciencias. In R. Porlán e J.E. García (Coord.). *Construtivismo e Enseñanza de las Ciências*. Sevilla. Diada Editora.
- Driver, R., Guesne, E. & Tihherghien, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. (2ª ed.). Madrid. Ediciones Morata. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Duarte, M. (1996). Ensino aprendizagem da Biologia. Algumas reflexões suscitadas pela investigação educacional. In I. Martins, A. Andrade, A. Moreira, M. Sá, e A. Paredes (Eds.), *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 533-542. Aveiro: Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.
- Eco, U. (1991). *Como se faz uma tese em ciências humanas*. (5ª ed). Lisboa: Editorial Presença. (trabalho original em italiano publicado em 1977).
- Erasmie, T. e Lima, L. (1989). *Investigação e projectos de desenvolvimento em educação*. Braga: Universidade do Minho.
- Erickson, G. (1979). Children`s conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, (2), 221-230.
- Escaño, J. e Serna, M. (1994). *Cómo se aprende y como se enseña*. (2ª Ed.) Barcelona: Editorial Horsori.
- Estrela, A. (1992). *Pedagogia ciência da educação*. Porto: Porto Editora.
- Estrela, A. (1994). *Teoria e Prática de Observação de Classes Uma estratégia de Formação de Professores*. (4ªed.). Porto: Porto Editora.
- Eulate, L.P. (1996). La historia de la ciencia como hilo conductor de una unidad didáctica. *Alambique*, 8, 71-79.
- Faria, M e Duarte, (1988). Algumas concepções alternativas em alunos dos ensinos primário e preparatório –implicações para o ensino das ciências da natureza. *Actas do 1º encontro nacional de didáctica e metodologias de ensino*, 458-465. Aveiro. Universidade de Aveiro.
- Faria, M. A. e Marques, L. (1994). A Terra no sistema solar. In. F. Cachapuz (ed.) *Ensino da ciências e formação de professores nº3*. 15-32. Projecto Mutare. Universidade de Aveiro.

- Faria, A. (1997). Ensino para a mudança conceptual: Um estudo sobre dissolução com crianças do 3º ano de escolaridade. In Laurinda Leite et al. (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 347-353. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Fernandes, A. (1994). *Métodos e regras para a elaboração de trabalhos académicos e científicos*. Porto : Porto Editora.
- Fernandes, D. (1994). *Resolução de problemas: processos cognitivos concepções de professores e desenvolvimento curricular*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Feyerabend, P. (1991). *Diálogo sobre o método*. Lisboa: Editorial Presença. (trabalho original em italiano publicado em 1989)
- Feyerabend, P. (1993). *Contra o método*. Lisboa: Relógio d'Agua Editores. (trabalho original em inglês publicado em 1988).
- Fialho, I.J. (1996). Concepções alternativas e mudança conceptual: uma nova pedagogia para o ensino/aprendizagem das ciências. *Trabalho de síntese para as provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica*. Évora: Universidade de Évora (policopiado).
- Figueirôa S. e Lopes, M. (1996). La história de la geología y su potencial educativo: Una reflexión desde américa latina. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4, (1), 71-76.
- Flavell, J. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Flavell, J. (1996). *A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget*. (5ª ed.). São Paulo: Livraria Pioneira Editora. (trabalho original em inglês publicado em 1965).
- Foddy, W. (1996). *Como perguntar*. Oeiras: Celta. (trabalho original em inglês publicado em 1993).
- Fourez, G. (1994). *La construccion del conocimiento científico –filosofia e ética da ciencia*. Madrid. Narcea, S.A. de Ediciones. (trabalho original em francês publicado em 1994).
- Freitas, J. (1991). As novas tecnologias da informação no ensino/aprendizagem da Biologia. Maria T. M. Oliveira. (coord.). *Didática da Biologia*, 191-227. Lisboa. Universidade Aberta.
- Freitas, M. (1987). Concepções alternativas das crianças sobre a constituição da matéria orgânica e sua decomposição. in *actas do 1º encontro sobre educação em ciências* 319-325. Braga: Universidade do Minho.

- Freitas, M. (1995 a). A planificação do ensino das ciências. Uma perspectiva de mudança conceptual. in *Noesis*, 34, 28-37.
- Freitas, M. (1995b). Planificação do ensino - aprendizagem das ciências numa perspectiva de mudança conceptual. In Manuel Miguéis (Ed.) *Actas do V encontro nacional de docentes - educação em ciências da natureza*, . 195-210. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- Freitas, M., Lima, J. Ruivo, L. e Guimarães, P. (1996). *A Terra e a vida. Ciências da Terra e da Vida 10º ano*. Rio Tinto: Edições ASA.
- Freyberg, P. (1991). implicaciones través del currículo. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos* 208-225. Madrid:Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Freyberg, P. e Osborne, R. (1991 a). Construir una encuesta de opiniones “alternativas”. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 273-275. Madrid:Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Freyberg, P. e Osborne, R. (1991b).Epílogo. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia-implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 226-245. Madrid:Narcea Ediciones.(trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Freyberg, R.e Osborne, R.(1991c). Supuestos sobre la enseñanza y el aprendizaje. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia-implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 136-150. Madrid:Narcea Ediciones.(trabalho original em inglês publicado em 1985)
- Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados e tendencias. *Alambique*, 7, 7-17.
- Furió, C. e Vilches, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. In L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, 47-71.Barcelona: Editorial Horsori.
- Furió, J. C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.
- Gagné , R. e Briggs, L. (1976). *La planificación de la enseñanza-sus principios*. México Editorial Trillas.
- Gama, J. (1991). Modelos de ensino. M. T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 127-155. Lisboa. Universidade Aberta.
- Garanderie, A. (1989). *Pedagogia dos processos de aprendizagem*. Rio Tinto: Edições ASA.

- García, J. L. e Rodrigues, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 161-166.
- García, B. (1994). El aprendizaje. In Ruiz F. (Ed). *Formación inicial del profesorado de enseñanza secundaria*, 133-164. Badajoz: Universidad de Extremadura. Instituto de Ciencias Educativas.
- García, J. E. (1988). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico del aula. In R. Ariza et.al. *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, 41-74. Sevilla: Díada Editora.
- García, J., e García, F. (1993). *Aprender Investigando una propuesta metodológica basada en la investigación*. (2ª ed.). Sevilla: Díada Editora
- Garrido, J. (1986). Vygotsky. La perspectiva sociohistórica. *Cuadernos de Pedagogía* 141, (CD ROM).
- Gass, I., Smith, P. e Wilson, R. (1984). *Vamos Compreender a Terra*. Coimbra. Livraria Almedina. (trabalho original em francês publicado em 1972).
- Geli, A. (1995). La evaluación de los trabajos prácticos. *Alambique*, 4, 25-32.
- Gene, A. e Gil, D. (1982). Enseñanza de Ciencias Naturales por descubrimiento. *Cuadernos de Pedagogía*, 94, (CD ROM).
- Geymonat, L. (s.d.) *Elementos de filosofia da ciência*. Lisboa: Gradiva. (trabalho original em italiano publicado em 1985)
- Ghiglione, R. e Matalon, B. (1993). *O Inquérito: teoria e prática*. Oeiras: Celta Editora. (trabalho original em francês publicado em 1985).
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 23-36.
- Gil, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2) 111-124.
- Gil, D. (1988). Las limitaciones de la investigación en la didáctica de las ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 155, (CD ROM).
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones e perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. e Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias*

en la educación secundaria. Barcelona: ICE/Horsori.

Gilbert, R. (1986). *As ideias actuais em pedagogia*. (5ª ed.). Lisboa: Moraes Editores.

Giordan, A. e Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. (2ª ed.). Sevilla: Díada Editora. (trabalho original em francês publicado em 1987)

Gómez, J. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de “lo que el alumno sabe” sobre ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 235-245.

Gómez, J. e Martínez, M. (1996). Cuando un contenido académico tiene significado para el alumno? implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 323-330.

Gouveia, J. (1995) - *Geologia 12º ano*. Lisboa: Areal Editores.

Gouveia, J. Sousa, L. e Machado, M. (1996). *Ciências da Terra e da Vida. 10º ano*. Porto: Areal Editores.

Graneli, C. (1994). De qué hablamos cuando hablamos de construtivismo. *Cuadernos de Pedagogia*, 221, (CD ROM).

Griffiths, D.H. (1972). *Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos*. Madrid: Paraninfo.

Guliford, J. P. e Fruchier, B. (1987). *Fundamental statistics in psychology and education*. (16ª ed.). Singapore: Mc Graw-Hill.

Hainaut, L. (1992). *Conceitos e métodos da estatística*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (trabalho original em francês publicado em 1975).

Happs, J. (1985). Regression in learning outcome: some examples from the earth sciences. *Science education*, 4. 431-443.

Hébert, M. (1996). *Pesquisa em educação*. Lisboa: Instituto Piaget.

Hegenberg, L. (1965). *Introdução à filosofia da ciência*. São Paulo: Editora Herder.

Hernández, E e Sánchez, J. (1989). Para saber más sobre la investigación educativa. *Cuadernos de Pedagogia*, 176, (CD ROM).

Hewson, P. (1993). El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. In C. Gómez, D. Ansoleaga S. Antonio e A. Lázaro (eds.) *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: Investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993*. 331-352. Madrid: Ministerio de Educacion y Ciencia.

Hewson, P.W. e Beeth, M.E. (1995). Enseñanza para un câmbio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento. in *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 25-35.

- Hobbs, M. e Williams A. (1976) - *An Outline of Structural Geology*, New York: Wiley International Edition.
- Hodson, D. (1986). Filosofia de la ciencia y educacion cientifica. *Constructivismo e Ensenanza de las Ciencias*, 7-21. Sevilla: Díada Editora.
- Izquierdo, M. (1995). La V de Gowin como instrumento para la negociacion de los lenguajes. *Aula*. 43, 27-33.
- Izquierdo, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofia de las ciencias y la enseñanza delas ciencias. *Alambique*, 8. 45-63.
- James, D. (ed). (1989) *The Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Jesus, M. (1997). Perguntas e ideias de alunos do 9º ano sobre estrutura atómica da matéria. In Laurinda Leite et al. (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 373-388. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Jiménez, M. e Gallardo, C. (1992). Aproximación a la didáctica de las ciencias desde la filosofia de la ciencia. *Específicas en la formación del professor*, 1.-10. S. Tiago de Compostela.
- Jiménez, M. e Sanmartí, N. (1997). Qué ciência ensinar?: objetivos y contenidos en la educción secundaria. In Luís Del Carmen (coord). *La enseñanza y el Aprendizaje de las Ciências de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: Editorial Horsori.
- Jimenez, M.P. e Garcia I. (1997). Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en didáctica de ciencias. in *Enseñanza de las ciencias*, 15(1), 11-19.
- Jiménez, V. (1995). Concepciones de los profesores de ciencias en formación y practica del aula. L. Nieto & V. Jiménez (coord.). *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España e Portugal*, 309-325. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Jorba, J. e Sanmartí, N. (1997). La evaluación como instrumento para mejorar el processo de aprendizaje de las ciencias. L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. 155-199. Barcelona: Editorial Horsori.
- Jorge, M. (1991). Educação em Ciência: perspectivas actuais. In M.T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 29-41. Lisboa. Universidade Aberta.
- Kelly, G.A. (1963). *A theory of personality: the psycology of personal constructs*. New York: Norton.

- King, C. (1993). El desarrollo de la enseñanza de las ciencias de la tierra en las escuelas en diferentes países. In C. Gómez, David. San Antonio & A. Lázaro (eds.) *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: Investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993*, 353-394. Madrid: Ministério de Educacion y Ciencia.
- Kuhn, T. (1975). *La estrutura de las revoluciones científicas*. Madrid: Ediciones fondo de cultura económica de Espanha. (trabalho original publicado em inglês em 1962)
- Laburu, C.E. (1996). La crítica en la enseñanza de las ciencias: Constructivismo y contradicción. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 93-101.
- Lakatos, E. e Marconi, M. (1991). *Fundamentos de Metodologia Científica*. (3ª ed.). São Paulo: Editora Atlas.
- Lakatos, I. (1983). *La metodologia de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza. (trabalho original em inglês publicado em 1976)
- Leather, A. (1993). Views of the nature and origin of earthquakes and oil metal by eleven to seventeen year olds. *Geology Teaching* 12 (3), 102-108.
- Lenke, J. (1993). *Talking science: language, learning, and values*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Lillo, J. (1993). Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 1(2), 98-106.
- Linaza, J.L. (1985a). Un pensamiento con contexto. *Cuadernos de Pedagogia* 121, (CD ROM).
- Linaza, J.L. (1985b). La obra e el pensamiento de J. Bruner. *Cuadernos de Pedagogia*, 121, (CD ROM).
- Lopes, A. e Calafate, L. (1990). O papel das representações dos alunos na resolução de problemas de biologia: a nutrição das plantas. *Noesis*, 13, 50-53.
- López, A. e Badia, J. (1986). El lenguaje. *Cuadernos de Pedagogia*, 139, (CD ROM).
- Loureiro, M. J. e Costa, N. (1995). Instrumentos de diagnóstico de concepções alternativas: sua utilização em sala de aula. In Manuel Miguéis (Ed). *actas do V encontro nacional de docentes - educação em ciências da natureza*, 249-256. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- Lourenço, C. (1991). Didáctica, didácticas, ciências da educação. In I. Martins, et al. (Eds.) *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, 331-338. Aveiro: Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa.
- Lourenço, O. (1994). *Além de Piaget? Sim mas devagar!...* Coimbra: Livraria Almedina.

- Lozada, M. (1993). Las ideias de los profesores de ciências sobre la formación docente. *Enseñanza de las Ciências*, 11 (1), 26-32.
- Lozano, J. A. (1986). Cuando aprendemos a hablar com nos outros mismos. *Cuadernos de Pedagogia*, 140, (Cd ROM).
- Lucas, A. (1993). Condicionantes del currículo y aportación de la investigación a la práctica de la educación en ciencias. In C. Gómez, D. Ansoleaga, S. Antonio e A. Lázaro (eds.) *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: Investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993*, 395-438. Madrid: Ministério de Educacion y Ciencia.
- Luria, A.R. (1985) *Lenguaje e Pensamiento*. (2ª ed.). Barcelona: Ediciones Martinez Roca. (trabalho original em russo publicado em 1975).
- Machado, F. (1970). *Curso de sismologia*. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar.
- Machado, F. (1996). *Avaliação em tempo de mudança*. Porto: Edições Asa.
- Mager, R. (1976). *Atitudes Favoráveis ao ensino*. Rio de Janeiro: Editora Globo.
- Manuel, J. e Grau, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, 53-63.
- Marimon, M. (194). Una mirada construtivista. *Cuadernos de Pedagogia*., 227,(CD ROM).
- Marques, L. (1988). *Alternative frameworks of urban portuguese people aged 10-11 and 14-15 respect to earth, life and volcanoes*, Tese de Mestrado, Universidade de Keele, Keele.
- Marques, L. (1994). *From misconceptions to modified teaching-learning strategies in Earth Science in Portuguese secondary Education*. Tese de Doutoramento, Universidade de Keele, Keele.
- Marques, L., Bettencourt, T., Amaral, I e Faria, M. (1994). Considerações prévias. A. Cachapuz (coord.). *Formação de professores, cadernos didácticos, série ciências*3, 9-13. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Marques, L. (1995). Teoria da tectónica de placas, contributos relativos ao seu percurso histórico. A. Cachapuz (coord.). *Formação de professores, cadernos didácticos, série ciências*1, 47-93. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Marques, L. (1996) Construcción del conocimiento científico. Algunos ejemplos de geociencias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4, (1), 4-12.
- Marques, L. (1997). Deriva Continental e tectónica de placas: Concepções dos alunos e estratégias de Mudança Conceptual. In Laurinda Leite et al. (ed). *Didácticas*

Metodologias da Educação, 29-46. Braga: Universidade do Minho Departamento de Metodologias da Educação.

- Marques, L. e Thompson (1997). Portuguese student's understanding at ages 10-11 and 14-14 of the origin and nature of the earth and development of life. *Research in Science and Technological Education*, 15 (1), 29-50.
- Marques, L., Leite, A., Praia, J. e Futuro, A. (1996). Trabajo experimental: contribuciones para la comprensión de la dinámica fluvial. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 3 (3), 176-183.
- Marques, L. e Praia, J. (1991). Ensino aprendizagem das ciências: possíveis contributos para reflexão, *Aprender*, 14, 11-18.
- Martínez, J.M. (1996). Estudios sobre consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias. in *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 87-92.
- Martinez, M., Garcia M., e Montoro, A. (1992). *Dificuldades de aprendizagem*. Porto: Porto Editora.
- Martins, I. (1988). Modelos interpretativos de alunos do ensino secundário sobre reacções químicas: implicações educacionais, 245-256. In *Actas do 1º encontro nacional de didácticas e metodologias de ensino*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Mason, C. (1992). Concept mapping: a tool to develop reflective science instruction. in *Science Education*. 76, (1), 51-63.
- Matthews, M.R. (1994). História, filosofia y enseñanza de las ciencias. La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*. 12, (2), 255-277.
- Matthews, M.R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemologia construtivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 79-88.
- Mauri, T. (1994). Qué hace que el alumno y la alumna aprendan los contenidos escolares? La naturaleza activa constructiva del conocimiento. In C. Coll *et al.* (ed.). *El constructivismo en el aula*. (2ª ed.), 65-100. Barcelona: Editorial Graó.
- Meadows, S. (1994). *The child as a thinker*. London: Routledge.
- Menyo, M. (1995). La evaluación formativa como instrumento de atención a la diversidad: una experiencia en Secundaria. *Alambique*, 4, 42-54.
- Mialaret, G. (1980). *As Ciências da Educação*. (2ª edição). Lisboa: Moraes Editores.
- Miguéns, M., Serra, P., Simões, H. e Roldão, M. (1996). *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico Ciências da Natureza*. (1ª ed.). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

- Miles, M. e Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysis*, (2ª ed.).Thousand Oaks: Sage Publications.
- Millar, R. e Driver R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 16 (2): 147-160.
- Ministério da Educação e Ciência. (1989). O educador e a abordagem sistémica. (2ª ed.). Lisboa: Editorial Estampa.
- Ministério da Educação. (1990). Programa do 1º ciclo Ensino Básico.
- Ministério da Educação. (1992). Programas de Ciências da Terra e da Vida.
- Ministério da Educação. (1996). Orientação de Gestão de Programas-Ciências da Terra e da Vida.
- Miras, M. (1994). Un punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos: Los conocimientos previos. in C. Coll *et. al.* *El constructivismo en el aula*. (2ªed.), 47-64 . Barcelona: Editorial Graó.
- Moore, E.M. e Twiss R.J. (1995) - *Tectonics*, New York: W.H. Freeman and Company
- Moreira, M. (s.d.). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem* . Lisboa: Plátano Editora.
- Moreira, M. A. (1990). *Pesquisa em ensino: o V epistemológico de Gowin*. S. Paulo: Editora Pedagógica Universitária.
- Municio, J. (1989). Adquisición de estrategias de aprendizaje. *Cuadernos de Pedagogia*. 175, (CD ROM).
- Nérici, I. (1991). *Introdução à didáctica geral*. (16ª ed.). São Paulo: Editora Atlas S.A.
- Neto, A. J.(s.d.). *Diversidade e cooperação metodológica. Um imperativo da investigação educacional*. Lisboa: Projecto Dianóia.
- Neto, A. J. (1991). Factores psicológicos de insucesso na resolução de problemas de física: uma amostra significativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 275-280.
- 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*. Évora: Universidade de Évora (Tese de Doutoramento Policopiada).
- Neto, A. J. (1996).*Motivação e estilos motivacionais*. texto não publicado. Évora: Universidade de Évora. Departamento de pedagogia e Educação.
- Neto, A. J. (1997 a). Aprender a pensar e resolução de problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de física do ensino secundário. in *Revista de Educação*, 6 (2), 25-39.

- Neto, A. J. (1997 b). *Construtivismo: notas breves*. texto não publicado. Évora: Universidade de Évora. Departamento de pedagogia e Educação.
- Neto, A. J. (1997 c). *Mapas de conceitos: importância pedagógica*. Texto não publicado. Évora: Universidade de Évora. Departamento de Pedagogia e Educação.
- Neto, A. J. (1997 d). *Problemas, exercícios e Algoritmos*. Texto não publicado. Évora: Universidade de Évora. Departamento de Pedagogia e Educação.
- Neto, A. J. e Almeida, M. I. (1990). Cohecimento, lógicas de organização e rendimento escolar, *O professor*, 12(3), 40-51.
- Newell, A. e Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood: Prentice-Hall, Inc.
- Nilza, V. e Loureiro, M. (1988). Conceitos alternativos em Física: sua importância na formação de professores. *Actas do 1º encontro nacional de didácticas e metodologias de ensino*, 104-124 Aveiro, Universidade de Aveiro.
- Novak, J. D. (1981). *Uma Teoria de Educação*. S. Paulo: Pioneira (trabalho original em inglês publicado em 1977)
- Novak, J.D. (1988). El constutivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos e espistemológicos. In R. Pórlan (ed.). *Construtivismo e enenãza de las ciencias*, 22-39. Sevilla. Díada Editora.
- Novak, J. D. e Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca. (traduzido do original em inglês publicado em 1984).
- Novak, J.D. (1977). *A theory of education*. Ithãca and London: Cornel University Press.
- Nunes, M. (1997). As concepções dos alunos do 5º ano de escolaridade sobre “a poluição da água” e a Educação Ambiental. In L. Leite et al. (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 93-102. Braga. Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Núñez, F. e Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. in *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 261-278.
- Nussbaum, J. (1985). La Tierra como cuerpo cósmico. In R. Driver, E. Guesne e A. Tiberghien *Ideias científicas en la infancia y la adolescencia* (1989) 256-290. Madrid:Morata.
- Olivares, E. (1995). Tipos de contenidos e instrumentos de evaluación. *Alambique*, 4 (2), 16-24.
- Oliveira, E., Pedrosa, C. e Pires R. (1996). Do Bing-Bang à célula. Ciências da Terra e da Vida 10º ano. Lisboa: Texto Editora.

- Oliveira, J. (1996). *Psicologia da Educação Escolar*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Oliveira, M.T. (1991). Falando de didáctica da Biologia. Maria T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 19-28.. Lisboa. Universidade Aberta.
- Onrubia, J. (1994). Enseñar: crear zonas de desarrollo próximo e intervenir en ellas. in C. Coll et. al(Ed). *El constructivismo en el aula*. (2ª edição), 101-124. Barcelona: Editorial Graó.
- Ontoria, A. et. al. (1994). *Mapas conceptuais-uma técnica para aprender*. RioTinto: Edições Asa. (trabalho original em espanhol publicado em 1992).
- Osborne, R. e Freyberg, P. (1987). *Learning in Science*. Hong Kong: Heineman.
- Osborne, R. (1991). Construir a partir de las ideas intuitivas de los alumnos In R. Osborne & P.Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 74-89. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Osborne, R e Freyberg, P. (1991a). La ciencia de los alumnos. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 20-34. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Osborne, R. e Freyberg, P. (1991b). Roles del professor de ciencias In R. Osborne & P.Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 151-165. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Osborne, R. e Tasker, R. (1991a). Presentar las ideas de los niños a los profesores. In R. Osborne & P.Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencia- implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 226-246. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Palácios, F. J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-178.
- Parasnis, D.S. (1970). *Principios de geofiscia aplicada*. Madrid: Paraninfo.
- Pedrinaci, E. (1993). Concepciones acerca del origen de las rocas: una perspectiva histórica. *Investigación en la Escuela*, 19, 34-42.
- Pedrinaci, E. (1987). Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos. *Investigación en la Escuela* 2, 65-74.
- Pedrinaci, E. (1992). Las rocas tienen una história que contarnos. *Aula*, 4 (5), 33-35.
- Pedrinaci, E. (1994). La história de la geologia como herramienta didáctica. *Enseñanza de*

las Ciencias de la Tierra, 2.2 e 2.3. 332-339.

Pedrinaci, E. (1996 a). Por su historia la conocerán. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. 4 (1). 2-3.

Pedrinaci, E. (1996 b). Sobre la persistência o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique*, 7, 27 -36.

Pedrinaci, E. e Berjillos, p. (1994). El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 2 (1). 240-251.

Pedrosa, M. et. al. (1997 a). Concepções epistemológicas e de bom professor de ciências. In Laurinda Leite et al. (ed). *Didáticas Metodologias da Educação*, 931-950 Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.

Pedrosa, M. et. al. (1997b). Concepções relativas a estados físicos e mudanças de estado manifestadas por estudantes dos ensinos secundário e superior. In Laurinda Leite et al (ed). *Didáticas Metodologias da Educação*, 355-366. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.

Peixoto, E. (1995). *Aprendizagem de mestria e resolução de problemas*. Lisboa: McGraw-Hill.

Pérez, M e López (s.d.). *Currículum e enseñanza-una didáctica centrada en procesos*. Madrid: Editorial EOS.

Peréz, S. G. (1994). *Investigación qualitativa. Retos e interrogantes*. Madrid: Editorial La Muralla S.A.

Piaget, J. (1990). *Seis estudos de psicologia*. Têresa. Nina Constatnte Pereira. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Piaget, J. (1991). *Psicologia e epistemologia. para uma teoria do conhecimento*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Piaget, J. e Inhelder, B. (1964). Cognitive development in children: Development and learning. *Journal Reasearch in Science Teaching*, 2, 63-85.

Piaget, J. e Inhelder, B. (1995). *A psicologia da criança*. (2ª ed.). (trabalho original publicado em francês em 1966)

Pla, L. (1991). Una visión constructivista. *Cuadernos de Pedagogia*, 180, (CD ROM).

Pleyán, C. (1975). El lenguaje, instrumento de aprendizaje social e intelectual. *Cuadernos de Pedagogia*, 12,(CD ROM).

Pleyán, C. e Vilasau, A. (1982). Lenguaje e Comunicación. *Cuadernos de Pedagogia*, 94, (CD ROM).

- Pleyán, C. e Nogales, V. (1980). Lenguaje y pensamiento en la transmisión del conocimiento científico. *Cuadernos de Pedagogia*, 67, (CD ROM).
- Pope, M. e Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of Knowledge in science. *Science Education*, 67 (2), 193-203.
- Pope, M. e Gilbert, J. (1988). A experiência pessoal y la construcion del conocimiento. *Construtivismo e enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Editora.
- Pope, M. e Scott, E. M. (1988). La epistemologia y la practica de los profesores. In R. Porlán et. al. *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. (1ª ed.), 193-201. Sevilla: Diada Editora
- Popper, K e Lorenz, K (1990). *O futuro está aberto*. Lisboa: Editorial Fragmentos. (trabalho original em alemão publicado em 1983).
- Popper, K. (s.d.). *La logique de la découverte scientifique*. Paris: Editions Payot
- Popper, K. (1975). Conhecimento objectivo: uma abordagem evolucionária. Belo Horizonte: Itataia (trabalho original em inglês publicado em 1973).
- Popper, K. (1977). Conocimiento objectivo. Madrid: Editorial Tecnos. (trabalho original em francês publicado em 1972).
- Popper, K. (1982). Conocimiento Objectivo. Madrid: Editorial Tecnos. (trabalho original em inglês publicado em 1972).
- Porlán, R. (1993 a). Conocer el conocimiento hacia una fundamentacion epistemológica de la enseñanza. In R. Pórlan (ed.). *Construtivismo e escuela*, (3ª ed.), 29-76. Sevilla: Diada Editora.
- Porlán, R. (1993b). La construccion del conocimiento: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje baseado en la investigación. *Construtivismo e escuela*, 77-104. Sevilla: Diadas Editora.
- Porlán, R. (1997). *Construtivismo e escuela*. (3ª ed.). Sevilla: Diada Editora.
- Porlán, R. et. al. (1988). El pensamiento científico y pedagogico de maestros en formacion. In R. Porlán et. al. (eds.) *Construtivismo e Enseñanza de las Ciencias*, 193-203. Sevilla: Diada Editora.
- Posner, G. et. al. (1988). Acomodacion de un concepto científico: hacia una teoria del cambio conceptual. In *Rafael Porlán et. al. Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, 91-114. Sevilla: Diada Editora.
- Pozo, I. (1990). Una nueva forma de aprender. *Cuadernos de Pedagogia*, 180, (CD ROM)

- Pozo, J. (1994). Cuándo empieza el currículum de Ciencias. *Cuadernos de Pedagogia*, 221 (CD ROM).
- Pozo, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van...y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Pozo, J. e Crespo, M. (1997). Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algnas explicaciones Y propuestas para la enseñanza. L. Del Carmen (coord). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciências de la natureza en la educação secundaria*. 231-314. Barcelona: Editorial Horsori.
- Pozo, J. I. e Carretero, M. (1986). Desarrollo cognitivo y aprendizaje escolar, *Cuadernos de Pedagogia*, 133, Janeiro, (CD ROM).
- Praia, J. (1995 a). *Formação de professores no ensino da geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva continental*. Tese de Doutoramento. Aveiro. Univerisidade de Aveiro.
- Praia, J. (1995b). A teoria da deriva continental. Elementos para a compreensão do seu aparecimento desenvolvimento e limitações. In F. Cachapuz (ed.) *Formação de professores-cadernos didácticos. Série ciências*, 35-46. Aveiro: Universidade de Aveiro. Unidade de Investigação didactica e tecnológica na formação de formadores.
- Praia, J. (1995c). A teoria da deriva continental. In F. Cachapuz (coord.) *Formação de professores, cadernos didácticos , série ciências 1*, 13-46. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Praia, J. (1996). Epistemologia y historia de la ciencia: contribuciones a la planificacion didactica. La deriva continental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4 (1), 30-37.
- Praia, J. e Cachapuz, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria . *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354.
- Praia, J. e Cachapuz, A. (1997). Das práticas dos professores em aulas de Geologia: que significados epistemológicos. In Laurinda Leite et al. (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 61-74. Braga. Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Press, F. e Siever, R. (1985). *Earth*. (4ª ed.). New York: W. H Freeman and Company.
- Pujol, R. M. (1995). Enseñar/aprender a leer los conceptos científicos en primária. *Aula*, 43, 19-25.
- Quilford, J. P. e Fruchier, B. (1987). *Fundamental statistics in psychology and education*. (6ª ed.). Sigapore: Mc Graw Hill.

- Quivy, R. ; Campenhoudt, L. (1992). *Manual de investigação em ciências sociais*. Lisboa: Gradiva.(trabalho original em francês publicado em 1988).
- Read, H. (1976). *Geologia uma Introdução ao estudo da Terra*.(2ª ed.). Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Rebelo, I. S, Pedrosa, M. A. e Veiga, J. (1995). Estratégias metacognitivas na formação inicial de professores: um estudo de caso. In Manuel Miguéis *et. al. (ed) Actas do V encontro nacional de docentes - educação em ciências da natureza*, 79-92. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- Rebollo, M. (1996). Una aproximación a la naturaleza de la ciencia através de los textos históricos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4 (1), 53-58.
- Reboul, O. (1982). *O que é aprender?* Coimbra. Livraria Almedina.
- Reis, P. (1996). Os mapas de conceitos como instrumento pedagógico. *Revista de Educação*, 5 (2), 114-124.
- Rio, P. (1986). Vygotsky una sinfonía inacabada. Cuadernos de Pedagogia, 141, (CD ROM).
- Rivière, A. (1983). Por qué fracasan tan poco los niños?. *Cuadernos de Pedagogia*, 103, (CD ROM).
- Rocha, F. (1988). *Correntes pedagógicas contemporâneas*. Aveiro: Livraria Estante Editora.
- Rona, P. A. (1973), tectónica de placas y recursos minerales. In Wilson, J.T. *Deriva continental y tectónica de placas* (2ª ed). (selecciones de Scientific American). H. Bulme Ediciones.
- Roque, M e Castro, A. (1996). *Ciências da Terra e da Vida. 10º ano*. Porto: Porto Editora.
- Roque, M. (1995) - *Geologia 12º ano*. Porto: Porto Editora.
- Ros, A. (1988). La enseñanza de las ciencias. *Cuadernos de Pedagogia*, 165,(CD ROM).
- Ros, K. Shuell, T. (1993). Children`s bealiefs about eartquakes. *Science Education*, 2, 191-205
- Rothé, J.P. (1978) *Sismos e Vulcões*. Mem Martins: Publicações Europa-América
- Runcorn, S. (1967). *International Dictionary of Geophysics*. London: Pergamon Press.
- Russel, T. et al. (1993). *Rocks, soil and weather*. Science Process and Concept Exploration Project: Liverpool University Press.

- Salema, M. (1997) *Ensinar e aprender a pensar*. Lisboa: Texto Editora.
- Salvador, C. (1991). Concepción constructivista y planteamiento curricular. *Cuadernos de Pedagogia*, 188, (CD ROM).
- Sanmarti, N. (1995). Se debe enseñar lengua en las classes de ciências? *Aula*, 43, 5-11.
- Sanmartí, N. e Jorba, J. (1995). Autoregulación de los procesos de aprendizaje y contrucción de conocimientos. *Alambique*, 4 (2), 59-78.
- Santos, B.S. (1995). *Introdução a uma ciência pós-moderna*. (4ªed.) Porto: Edições Afrontamento.
- Santos, M.E. e Cruz, M. (1988). Possíveis estratégias de mudança conceptual em ciências: sua fundamentação. *Actas do 1º encontro nacional de didáctica e metodologias de ensino*, 556-563. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Santos, M.E. e Praia, J.F. (1992). Percursos de mudança na didáctica das ciências – sua fundamentação e epistemologia. In. F. Cachapuz (ed.) *Ensino da ciências e formação de professores nº1*, 7-34. Projecto Mutare. Universidade de Aveiro.
- Santos, M.E. (1991 a). A didáctica das ciências à luz da epistemologia bachelardiana. *Aprender*, 14, 19-27.
- Santos, M.E. (1991b). Concepções alternativas dos alunos. M. T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 73-101. Lisboa: Universidade Aberta.
- Santos, M.E. (1991c). Dimensão epistemológica do ensino das ciências. M. T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 43-72. Lisboa: Universidade Aberta.
- Santos, M.E. (1991d). *Mudança Conceptual na sala de aula. Um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Santos, M.E. (1991e). Mudança conceptual na aprendizagem. M.T. M. Oliveira. (coord.). *Didáctica da Biologia*, 103-126. Lisboa: Universidade Aberta.
- Santos, M.E. (1992). As concepções alternativas dos alunos à luz da epistemologia Bachelardiana In. F. Cachapuz (ed.) *Ensino da ciências e formação de professores nº1*, 35-56. Projecto Mutare. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Santos, M.E. (1994). *Área-Escola/Escola. desafios interdisciplinares*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schollum B. e Osborne R. (1991). Cómo relacionar lo nuevo com lo ya conocido. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.) *El aprendizaje de las ciencias-Implicaciones de la ciencia de los alumnos*. 90-112. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985)

- Sequeira, M. (1995). Metodologia do ensino das ciências no contexto CTS. *II encontro Nacional de didácticas/metodologias da educação*, 114-120. Braga: Universidade do Minho.
- Sequeira, M. (1997). Metodologia do ensino das ciências no contexto ciência-tecnologia-sociedade. In Laurinda Leite et al (ed). *Didácticas Metodologias Educação*, 165-174. Braga: Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Sequeiros, L. (1996). Darwin como geólogo.: sugerencias para la enseñanza de ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*. 4, (1), 21-29.
- Serafini, M.T. (1996). Como se faz um trabalho escolar. (4ª ed.) Lisboa: Editorial Presença.
- Serrano, G. (1994). *Investigación culitativa, retos e interrogantes*. Madrid: Editorial la Muralla S.A.
- Serrano, M. (1996). *Formação de professores de ciências (geologia e química) e abordagem de temas multidisciplinares*. Tese de mestrado (não publicada). Aveiro: Universidade de Aveiro. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa.
- Siegel, S. (1979). *Estatística não paramétrica*. Lisboa: Mc Graw Hill.
- Silva, J. (1982). *Estudos de psicologia*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Silva, A. (1995). *Planeta vivo. ciências naturais 7º ano*. Porto: Porto Editora.
- Silva, A. et al. (1996). *Terra universo de vida. Ciências da Terra e da Vida 10º ano*. Porto: Porto Editora.
- Silva, J. (1997). Novas tecnologias e mudança conceptual em ciências: Resultados de um estudo piloto no tópico “actividade enzimática”. In Laurinda Leite(ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 117-128.. Braga. Universidade do Minho. Departamento de Metodologias da Educação.
- Silva, J. e Silva O. (1988). Ensino e aprendizagem de conceitos. *Actas do 1º encontro nacional de didáctica e metodologias de ensino*, 217-244. Aveiro: Universidade de Aveiro
- Silva, M. C. (1994). *Estatística aplicada à psicologia e ciências sociais*. Lisboa: Mc Graw Hill.
- Silva, P. e Batista, P. (1989). *Geologia 10º ano*. Lisboa: Editorial o Livro.
- Silva, P. e Pires, B. (1989). *Geologia*. (5ªed.). Lisboa: Editorial o Livro.
- Smith, E. e Anderson, C. W. (1988). Las plantas como productores: Un estudio de caso

- en la enseñanza elemental de las ciencias. In R. Porlán *et. al.* *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. (1ª ed.), 157-178. Sevilla: Diada Editora.
- Solé, I e Coll, C. (1994). Los profesores y la concepción constructivista. In C. Coll *et al.* *El constructivismo en el aula*. (2ª ed.), 7-24. Barcelona: Editorial Graó.
- Solé, I. (1994). Disponibilidad para el aprendizaje y sentido del aprendizaje. In El constructivismo en el aula.(2ªedi), 25-46. Barcelona: Editorial Graó.
- Sprinthall, N. e Sprinthall, R. (1993). *Psicologia Educacional*. Lisboa: Mcgraw-hill
- Stinner, A. (1992). Science textbooks and science theaching: From logic to Evidence, *Science Education*, 76 (1), 1-16.
- Suaréz, R. (1996). La controversia científica. Sus implicaciones didácticas y su utilidad mediante un ejemlo: La controversia sobre la edad de la Tierra. *Alambique*, 8, 63-79.
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Suffolk: St. Edmundsbury Press.
- Sutton, C. (1996). Beliefs about science and beliefs about language. *Journal Science Education*, 18(1), 1-18.
- Tabeorski, A. (1990). Reflexiones desde la psicolinguística. *Cuadernos de Pedagogia*, 17, (CD ROM).
- Tasker, R. e Freyberg P. (1991). Cómo hacer frente a las interpretaciones erróneas en el aula. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.).*El aprendizaje de las ciencias Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 113-134. Madrid:Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Tasker, R. e Osborne R. (1991). Enseñar e aprender ciencias. In R. Osborne & P. Freyberg (coord.).*El aprendizaje de las ciencias Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, 35-54. Madrid: Narcea Ediciones. (trabalho original em inglês publicado em 1985).
- Tavares, J. e Alarcão, I. (1992). *Psicologia do desenvolvimento e da Aprendizagem*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Teixeira M. (1997). Ensino para a mudança conceptual: Um estudo sobre dissolução com crianças do 3º ano de escolaridade. In Laurinda Leite *et al.* (ed). *Didácticas Metodologias da Educação*, 347-354..Braga. Universidade do Minho. Departamento de Metodologia da Educação.
- Thorley, N e Stofflett, R. (1996). Representation of the conceptual change model in science teacher education. *Science Education*, 80 (3), 317-339.
- Toulmin, S. (1977). La comprensión humana -I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

- Trindade, V. (1991). *Contributos para o estudo da atitude científica dos professores de "ciências"*. Tese de Doutoramento. Évora: Universidade de Évora.
- Trindade, V. (1994). *Relatório da disciplina de didáctica da biologia e da geologia*. Évora: Universidade de Évora.
- Trindade, V. (1996 a). A educação em ciência algumas reflexões. *Revista de Educação* 6 , (1), 127-132.
- Trindade, V. (1996 b). *Estudo da atitude científica dos professores*. Lisboa. Instituto de Inovação Educacional.
- Trindade, V. (s.d.). *O Mecanismo da Terra: Teoria da tectónica de placas*. Lisboa: Plátano Editora.
- Triviños, A.N. (1995). *Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação*. S. Paulo: Atlas.
- Twiss, R. (1992) - *Structural geology*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Unesco, (1977). *Novo Manual da Unesco para o ensino das ciências II*. Lisboa: Editorial Estampa. (trabalho original em inglês publicado em 1973).
- Valadares, J, (1997). O ensino experimental e o construtivismo. *Gazeta da física*, 20 (1), 30-32.
- Valente, O. (1995). Percursos de investigação no departamento de educação. apresentação de um caso. L . Nieto & V.Jiménez (coord.). *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España e Portugal*, 361-374. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Valente, O. (1997). O trabalho de laboratório. Limites e possibilidades. Uma perspectiva histórica. *Gazeta de Física*. 20 (1), 33-34.
- VanCleave, J. (1993). *Ciências da Terra para Jovens 101 Experiências fáceis de realizar*. Lisboa: Publicações Dom Quixote. (trabalho original em inglês publicado em 1991).
- Vásquez, V. (1994). El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. *Ensenanza de las Ciencias*, 12 (1), 3-14.
- Veiga, M. (1991). Concepções alternativas em ciência. *Aprender*, 14, 28-32.
- Vera, G. (1988) Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geologia. *Ensenanza de las Ciencias* 6 , (33), 239-243.
- Vila, I. (1985). Vygotsky: Diez años que estremecen a la psicología. *Cuadernos de pedagogia*, 121, (CD ROM).

- Vila, I., e Gispert, I. (1985). J.S. Bruner. Bibliografia comentada. . *Cuadernos de Pedagogia*, 121, CD ROM.
- Virella F.A. e Serrano, F.M. (1991) - *Processos Geológicos Internos*. Madrid: Editorial Rueda.
- Von Glasersfeld (1995). *Construtivismo Radical: Uma forma de Conhecer e Aprender*. Almada: Instituto Piaget (trabalho original publicado em inglês publicado em 1995)
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vygotsky, S. (1973). *Pensamiento e lenguaje*. Barcelona: Editorial Martinez Roca. (trabalho original em russo publicado em 1934).
- Vygotsky, S. (1979). *Pensamento e linguagem*. Lisboa: Edições Antídoto. (trabalho original em russo publicado em 1934).
- Watson, J. R., Prieto, T. e Dillon, J. S. (1995). Conceptual change in students: how registant are student's, alternative frameworks to change?. in M. Miguéis (ed.) *Actas do V encontro nacional de docentes - educação em ciências da natureza*, 63-76. Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- Wheatley, G. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*. 75(1), 9-21.
- Wilson, Tuzo (1976) – *Deriva Continental e Tectónica de Placas*. (2ª ed.) Madrid: H. Blume Ediciones.
- Wyllie P (1976) *A Terra nova geologia Global*, Fundação Gulbenkian, Lisboa.
- Yus, R. e Rebollo, M. (1993). Aproximación a los problemas de aprendizaje de la estructura y formación del suelo en el alumnado de 12 a 17 años. *Ensenanza de las Ciencias* 11 (3), 265-280.

