Universidade de Aveiro Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa
2008

Maria Helena Machado
Mauricio Resendes

Transferência de Energia e Qualidade do ar no Ensino das Ciências

Universidade de Aveiro Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa
2008

Maria Helena Machado Mauricio Resendes

Transferência de Energia e Qualidade do ar no Ensino das Ciências
Caso de estudo: Campo Geotérmico no Vale das Furnas

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física e Química, realizada sob a orientação científica do professor Doutor Mário Talaia, Professor Auxiliar de nomeação definitiva do Departamento de Física da Universidade de Aveiro e do professor Doutor Félix Rodrigues, Professor Auxiliar do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, Açores

Dedico esta dissertação
à memória
da minha mãe

o júri

presidente

Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares Santos
Professora associada da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho
Professora auxiliar da Universidade de Coimbra

Doutor Mário de Almeida Rodrigues Talaia
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

Doutor António Félix Flores Rodrigues
Professor auxiliar da Universidade dos Açores (co-orientador)

agradecimentos

Gostaria de expressar um agradecimento profundo a todos os que, de várias formas, contribuíram para a realização da presente dissertação, em particular:
Ao professor Doutor Mário Talaia, por poder sempre contar com o seu entusiasmo contagiante, com a sua alegria e palavra amiga, de reconhecimento e de incentivo a cada momento e pela disponibilidade, ajuda e atenção com que acompanhou a realização desta dissertação.
Ao professor Doutor Félix Rodrigues que deste a primeira hora depositou confiança em mim incentivando-me na tomada de decisão de concretizar a dissertação, pela valorização do meu trabalho e pela paciência e simpatia que teve ao longo do trabalho realizado.
À Escola Secundária Antero de Quental que disponibilizou algum equipamento para a realização das actividades experimentais.
Uma palavra de reconhecimento muito especial aos meus pais pelo amor incondicional que ao longo da minha vida, me deram e estiveram sempre presentes.
O meu muito obrigado à minha mãe que num momento particularmente doloroso da sua doença, me encorajou a tomar a decisão de realizar o mestrado. Ao meu pai pela sua infinita paciência em me ouvir e me encorajar, quando o cansaço e o desanimo me fragilizaram.
Aos meus filhos, Miguel, Tiago e Filipe, embora ainda pequenos, pela sua grande capacidade de compreenderem as minhas ausências. Pela sua alegrias e risadas que tornaram mais suave o "caminho".
Ao meu marido pela compreensão e apoio ao longo anos que temos partilhado e por tudo que temos vivido juntos. Também por acompanhar mais de perto os nossos filhos aquando da ausência. O meu muito obrigado por ser um excelente pai.
Ao Sr. padre José Maria Almeida, amigo de à longa data, ouvinte sempre atento das minhas inquietações desânimos e sucessos, pelo apoio, pela confiança que tem demonstrado ao longo destes vários anos.
O meu muito obrigado à irmã Manuela, que aquando do falecimento da minha mãe, me apoiou e encorajou a continuar e à irmã Arancha que me impulsionou a decidir fazer a dissertação.
Ao Sr. engenheiro Dinis Pimentel da Silva, que travei conhecimento na realização do pós graduação, o meu muito obrigado pelo seu exemplo e coragem de não nos vergarmos à dor e continuarmos a viver, e pela sua mente brilhante, detentor de uma "banda larga" de conhecimento e embora senhor de oitenta e tal anos continuando a possuir a "curiosidade do saber".
À Sandra Xisto, o meu muito obrigado, pela forma acolhedora como me recebeu em sua casa quando ingressei na Universidade de Aveiro.
À Daria, por me ter ajudado a quebrar a solidão com os seus "mails" e pelo exemplo de coragem e de luta com a sua doença incurável.
Agradeço, por último, à Sandra o apoio logístico nas tarefas domésticas que me permitiu ter tempo disponível a fim de dedicar-me mais ao estudo.
A todos o meu muito obrigado!

palavras-chave

Transferência de energia, qualidade do ar, actividade experimental, contextos reais, questões problema, EPP, CTS.

resumo

A presente investigação foi fundamentada, planeada e implementada, com base em estudo de casos, numa perspectiva de Ensino Por Pesquisa, num contexto real – o campo fumarólico da Lagoa das Furnas – onde é possível observar manifestações geotérmicas que despertam a curiosidade, a inquietação e a formulação de questões problema. Estas, por sugerirem estratégias de ensino inovadoras e motivadoras para alunos, e por serem pertinentes sob o ponto de vista científico, tecnológico e social, têm interesse em serem exploradas na disciplina de físico – química.

Para responder às questões problema recorreu-se a actividades experimentais simples, com materiais acessíveis e de baixo custo, de índole investigativo que permitem que os alunos relacionem a teoria e prática e aprendam teoria com prática, construindo-se simultaneamente o conhecimento conceptual e processual. Nesse sentido, as questões problema constituíram o elo de interligação entre a teoria e prática, permitindo estabelecer uma relação dinâmica entre estas duas componentes nos processos educativos e nos processos de investigação.

Compreender/estudar os problemas em contexto real, meio privilegiado de aprendizagem, permitem aos alunos ver a aplicabilidade dos conhecimentos, fomentam a sua curiosidade e o seu entusiasmo**.** No estudo de contextos reais impõe-se a necessidade de uma abordagem sistémica, para se compreender os fenómenos na sua multidisciplinaridade e complexidade permitindo reflectir sobre os processos de construção da ciência e da tecnologia, e as suas inter-relações com a sociedade e o ambiente em que vivemos.

É fundamental que cada problema seja convertido numa actividade de pesquisa, em que os estudantes se envolvam de modo a aprenderem significativamente com ela. Neste sentido, as aprendizagens são fruto de atitudes investigativas e construtivistas, envolvendo a construção activa e significativa dos conhecimentos e tornando-os úteis e utilizáveis no dia-a-dia. Assim se compreende que os conteúdos do ensino sejam colocados ao serviço da Educação em Ciência e não meramente da Instrução, contribuindo para o desenvolvimento pessoal, social e exercício de uma cidadania democrática informada e crítica.

Espera-se que esta dissertação possa contribuir para a implementação de estratégias de ensino inovadoras, que possam motivar os alunos para além dos limites estritos do espaço escolar das disciplinas e das áreas do saber, através de actividades exteriores à sala de aula.

keywords

Transference of energy, air quality, experimental activities, real context, problem based learning, EPP, CTS.

abstract

This presentation was based, planned and implemented on case studies, in a teaching by research perspective, and in a real context – the geysers area of the Lake of Furnas – where one can see geothermic phenomena that raises not only our curiosity but also demanding, disturbing questions on this issue. Because these issues suggest innovating and motivating learning strategies for the students, and due to their scientific, technological and social importance, it is also important that they are learned in the science physics/chemistry classes. In order to answer the problematic questions, simple experiments were carried out, using accessible and low cost materials, as a research project that allows the students to relate the theory with the practice and learn the theory from the practice thus building their conceptual and processing knowledge. In this manner, the problematic issues built the link between theory and practice, allowing for a dynamic relationship between these two aspects, in the educational process and in the research process.

To understand/study the problems in a real context, a privileged learning process as it allows the students to see how to apply their knowledge, thus increasing their curiosity and enthusiasm. A real context study demands the need of a systematic approach in order to understand the phenomena in all its multi-subjectivity and complexity, thus allowing for reflection on the construction projects of science and technology and the interrelationship with society and the surrounding environment.

It is important that each issue is converted into a research activity, and one that the students are involved in order to significantly learn from it. In this manner, learning results from constructive and researching attitudes, involving active and meaningful increase of knowledge and making them useful for everyday use.

Therefore, it can be easily understood the reason for the study contents being surrendered to Education in Science and not only for schooling purposes thus contributing towards the personal and social development and for a democratic, learned and critic citizenship.

I hope that this dissertation contributes towards the implementation of innovating teaching strategies, which can motivate the students beyond the restricted school area, subjects and study areas, through activities developed outside the classroom.

Índice

Capítulo I

1.1 Problemática……. 9
1.2 Objectivos…….. 14
1.3 Estrutura……. 15
1.4. Limitações…….. 16

Capítulo II

2. Revisão bibliográfica ……. 19
2.1 Introdução……. 19
2.2 Distinção entre os diversos tipos de trabalho experimental (TE)… 21
2.3 Evolução das Perspectivas de Ensino das Ciências……. 25
2.3.1 Ensino Por Transmissão…… 25
2.3.2 Ensino Por Descoberta…….. 27
2.3.3 Ensino Por Mudança Conceptual……. 37
2.3.4 Ensino Por Pesquisa…….. 43
2.3.4.1 Alguns contextos na história da ciência…….. 52
2.3.4.2 Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)…… 55
2.3.4.3 Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS)…….. 60
2.3.4.4 Questões problema…… 65
2.3.4.5 Distinção entre exercício e questões problema……. 94
2.3.4.6 Quadro resumo das perspectivas de Ensino das Ciências…….. 97
2.4 Estratégica didáctica do estudo…… 100

Capítulo III

3. Fundamentação Científica……. 105
3.1 Introdução……. 105
3.2 Ar atmosférico…….. 107
3.3 Ar húmido……. 107

3.4 Equações de estado……... 107
3.5 Termodinâmica do ar húmido…… 109
3.5.1 Lei de Dalton…… 109
3.5.2 Pressão de saturação do vapor em relação à superfície líquida…. 109
3.6 Condições higrométricas do ar húmido……... 113
3.6.1 Parâmetros meteorológicos e instrumentos de medida…… 113
3.7 Evaporação…….. 120
3.8 Qualidade do ar no Vale das Furnas…… 126

Capítulo IV

4. Actividades experimentais exteriores à Sala de aula …… 133
4.1 Caracterização do local do estudo……. 133
4.2 Aspectos históricos – culturais e vivenciais das Furnas……. 137
4.3 Estudos de caso……. 138
4.3.1 Padrão térmico de uma região…….. 139
4.3.2 Perfil térmico em profundidade de um "*forno natural*"……... 148
4.3.3 Evaporação de um corpo de água – caldeira das Furnas…… 157
4.3.4 Qualidade do ar a partir de indicadores Biológicos……... 167

CAPÍTULO V

5 Considerações finais e perspectivas futuras……..……... 181

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas ……...…….... 187

Índice de Figuras

Capítulo II

Figura 2.1 Tipos de Trabalho Prático [Fonte: adaptado de Hodson (1988) por Leite (2001)]……...……... 22

Capítulo III

Figura 3.1 Vapor de água em equilíbrio com uma superfície plana..…... 110
Figura 3.2 Humidade relativa "*versus*" quantidade de vapor de água e temperatura do ar…….. 119
Figura 3.3 O efeito do ciclo diurno da temperatura na humidade relativa do ar……. 119
Figura 3.4 Gases recolhidos no campo fumarólico da Lagoa das Furnas…….. 128

Capítulo IV

Figura 4.1 Localização geográfica do Arquipélago do Açores…….. 133
Figura 4.2 Representação esquemática da Plataforma dos Açores……. 134
Figura 4.3 Principais estruturas tectónicas da região dos Açores (Nunes, 1999)……. 134
Figura 4.4 Principais estruturas tectónicas da ilha de S. Miguel……... 135
Figura 4.5 Áreas de desgaseificação do Vulcão das Furnas (• - fumarolas; • - nascentes termais; • - nascentes de água fria gaseificada; • - desgaseificação difusa). Os tons laranja limitam a mancha de desgaseificação difusa na freguesia das Furnas……... 136
Figura 4.6 Superfície de estudo e instrumento de medida……. 140
Figura 4.7 Grelha de marcação de postos de observação e teste de registo…….. 141
Figura 4.8 Registo de temperaturas em dois postos de observação…… 141
Figura 4.9 Padrão da superfície seleccionada: dia 6 de Fevereiro às 17 horas……. 142
Figura 4.10 Padrão da superfície seleccionada: dia 7 de Fevereiro às 11 horas……. 143
Figura 4.11 Padrão da superfície seleccionada: dia 8 de Fevereiro às 15 horas……. 144
Figura 4.12 Padrão da superfície seleccionada: dia 8 de Fevereiro às 16 horas……. 144
Figura 4.13 Temperaturas (isotérmicas – Vale das Furnas; dados – continente)……... 146

Figura 4.14 Padrão da massa volúmica do ar: dias 6 e 7 de Fevereiro…. 147
Figura 4.15 Padrão da massa volúmica do ar: dia 8 de Fevereiro (dois registos)…… 148
Figura 4.16 Registo de valores em "*fornos naturais*"……. 150
Figura 4.17 "*Forno natural*": duas fases de abertura……. 150
Figura 4.18 "*Forno natural*": valores da temperatura antes da abertura… 151
Figura 4.19 Valores da temperatura depois da abertura – dois momentos diferentes……. 151
Figura 4.20 Perfil térmico e alguns dados do "*forno natural 1*"……. 152
Figura 4.21 Perfis térmicos para diferentes "*fornos naturais*"…….. 156
Figura 4.22 Situações de fumarolas……. 157
Figura 4.23 Processos de avaliar a temperatura da água da caldeira das Furnas…….. 158
Figura 4.24 Curva de calibração e valores registados por termómetro e termopar simples……. 159
Figura 4.25 Processos de arrefecimento para duas amostras diferentes de água……. 159
Figura 4.26 Taxa de arrefecimento para as amostras diferentes de água. 160
Figura 4.27 Situação quando se usa a mesma diferença de tempo no início (para 150 s)…….. 161
Figura 4.28 Instrumentos de medida e materiais usados: mudança de fase……... 162
Figura 4.29 *Xanthoria parietina*……. 170
Figura 4.30 *Ramalina farinácea*…… 170
Figura 4.31 *Graphis elegans*…….. 171
Figura 4.32 *Usnea subfloridana*…… 171
Figura 4.33 *Teloschistes flavicans*…… 172
Figura 4.34 *Parmotrema robustum*……... 172
Figura 4.35 *Parmotrema crinitum*…….. 173
Figura 4.36 Tubos colorimétricos…….. 176
Figura 4.37 Bomba de sucção……... 176

Índice de Tabelas

Capítulo II

Tabela 2.1 Distinção entre exercício e problema..... 95

Tabela 2.2 Perspectivas de Ensino..... 98

Capítulo IV

Tabela 4.1 Flora liquénica nas Furnas e níveis atmosféricos de SO_2 associados..... 169

Tabela 4.2 Características dos tubos colorimétricos a utilizar..... 177

Capítulo I

Capítulo I

1.1 Problemática

A investigação em didáctica sobre o trabalho experimental nas disciplinas de ciências e muito particular na disciplina de físico-química evidenciou a existência de dificuldades na implementação de actividades experimentais. As razões apontadas prendem-se sobretudo pelo desequilíbrio entre teoria e prática, tendo-se dado um maior incremento à teoria em detrimento da prática, e por não se promover a interligação entre a teoria e a prática (Leite, 2001).

O tratamento conjunto da teoria, actividade experimental e resolução de problemas é algo essencial uma vez que estes aspectos não surgem separados na actividade científica. Assim, por esta via perspectiva-se proporcionar aos estudantes uma visão correcta do trabalho científico (Hodson, 1992; Bell e Pearson, 1992; Gil Perez *et al*., 1999).

Assim, todo o trabalho desenvolvido nesta dissertação alicerça-se na realização de actividades experimentais de índole investigativo recorrendo a materiais simples, acessíveis e de baixo custo, numa relação dinâmica entre teoria e prática, conseguida através da resolução de questões problema. Na literatura, a temática resolução de problemas refere-se maioritariamente a aspectos técnicos (metodologias de resolução, dificuldades encontradas, diferenças de resolução entre "experientes" e "novatos"…) existindo poucos que concretizem uma dada situação em contextos reais, pelo que se considera oportuna esta dissertação.

No processo de implementação do desenvolvimento sustentável a Educação é, de facto, a principal ferramenta que se dispõe para atingir o paradigma do Desenvolvimento Sustentável. A UNESCO ao instituir a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2015) revela preocupações com o desenvolvimento e pretende, deste modo, melhorar a qualidade do ensino, facilitar a troca de experiências entre os diversos actores envolvidos e fazer com que haja uma maior atenção pública relativa a este assunto.

A aparente falta de articulação de estratégias de protecção ambiental com politicas educativas, formais e não formais, traduzem-se em alguns resultados do Eurobarómetro *Attitudes of European citizens towards the environment* (EC, 2005). A confiança que os europeus inquiridos depositam em fontes de informação sobre "Professores na Escola ou Universidade" aparece num longínquo 10º lugar (8%). Porém, no mesmo inquérito (EC, 2005), num conjunto das alternativas seleccionadas (entre as 8 oferecidas) como solução indicada para resolver mais eficazmente problemas ambientais, "aumentar a consciência ambiental geral" surge em 3º lugar (44%).

Pedrosa e Loureiro (2008) alertam que não obstante as orientações curriculares sugerirem a abordagem problemas energéticos, contudo não apresentam propostas para articular a temática da energia com utilizações de energia e consumos domésticos, com alterações climáticas e com hábitos e comportamentos quotidianos. As mesmas autoras afirmam que: "não se identificaram propostas ou incentivos para se abordarem estas problemáticas numa perspectiva de sustentabilidade ecológica e de educação para exercícios de cidadania que reclamem mudanças comportamentais necessárias". Nesse sentido Pedrosa e Loureiro (2008) questionam como fazê-lo.

Nesta perspectiva, o tema desta dissertação ***Transferência de Energia e Qualidade do ar no Ensino das Ciências***, é relevante e oportuno.

É nossa convicção, que esta dissertação ao apresentar materiais inovadores que possam ser divulgados junto de professores, poderá ser um alicerce a ter em consideração, na problemática ambiental.

A ciência está em todo o lado, à nossa volta, encontrando-se numa multiplicidade de espaços que constituem autênticos laboratórios, como o campo fumarólico da Lagoa das Furnas na Ilha de S. Miguel, local que constitui o objecto de estudo desta dissertação. O local escolhido partiu do contacto e conhecimento da região, onde é possível a observação visual de diferentes manifestações geotérmicas que despertam a curiosidade, a inquietação e a formulação de questões problema. Estas, por serem pertinentes sob o ponto de vista científico, tecnológico e social, têm interesse de serem exploradas na disciplina de físico-química.

Foi a procura de respostas cientificamente correctas para justificar, de maneira simples, a ocorrência de tais fenómenos, a sua aplicabilidade a nível cientifico e de ensino, a possibilidade de estas sugerirem estratégias de ensino que motivassem os alunos, em suma a vontade de interrogar a natureza e obter respostas, que constituíram os estudos de caso desta dissertação.

Os contextos reais constituem um meio privilegiado de aprendizagem dado que permitem aos alunos ver a aplicabilidade dos conhecimentos, fomentam a curiosidade natural e o seu entusiasmo (Brincones, 1999; Lopes, 2004). É consensual a ideia de que a aprendizagem dos conceitos separada da realidade em que estes se aplicam, torna o conhecimento inactivo, meramente académico e diminui a possibilidade dos alunos transferirem aquilo que apreenderam na escola para a interpretação de situações reais (Duch, 1996).

O estudo de contextos reais fundamenta a afirmação de Poincanrè: “se a Natureza não fosse bela não valeria a pena conhece-la e, se não valesse a pena conhecer a Natureza não valeria a pena viver a vida”.

Cabe aos professores do século XXI serem pessoas e profissionais em desenvolvimento e formação permanentes, capazes de criar e transformar contextos educativos que ultrapassam os limites estritos do espaço escolar, das disciplinas e das áreas do saber (Gonçalves, 1996).

Consciente de que a excelência do ensino é um factor crucial para assegurar a qualidade da educação, entende-se a formação de professores como via de desenvolvimento pessoal e actualização profissional científico – didáctica com vista ao aperfeiçoamento das práticas lectivas.

Esta dissertação é um contributo para os professores que procuram novas linhas gerais no sentido de alterar as suas práticas lectivas de uma forma mais fundamentada, consistente e consciente, pois é através do estudo, da investigação, da criatividade e da inovação que serão capazes de reinventar uma escola mais assertiva. Não se pretende indicar um caminho, mas sim apontar linhas gerais orientadoras.

Na visão de Day (2001) “os professores estarão pré-dispostos a envolverem-se num processo de mudança se percepcionarem uma necessidade, se diagnosticarem um problema (de acordo com a sua capacidade intelectual e

emocional e em função das suas perspectivas pessoais educativas e ideológicas e dos contextos em que trabalham) e ainda, se lhes for concedido o apoio necessário".

Os novos paradigmas do conhecimento e formação encaram a realidade como objecto de questionamento permanente que se repercute, domínios das ciências, das artes, da ética, numa palavra, na vida das pessoas e nas novas formas de cidadania. Esta situação obriga, inevitavelmente, ao reequacionamento dos esquemas de formação e auto-formação, dos profissionais de educação, no sentido de adquirirem flexibilidade emocional e cognitiva, pensamento criativo e divergente e tomadas de decisão conscientes e epistemologicamente fundamentadas (Medeiros, 2002).

Emerge assim, uma nova concepção de desempenho profissional enquadrada em estratégias passíveis de aliar a qualidade do ensino à qualidade das aprendizagens. Na verdade, parece existir uma dialéctica permanente entre os percursos de desenvolvimento profissional dos professores e os desenvolvimentos dos alunos, dado que, as aprendizagens e o domínio dos alunos são dependentes do maior conhecimento do professor e da sua capacidade de melhor ensinar (Armour-Thomas, 2000).

Foi nesse sentido que a professora investigadora, já leccionando há alguns anos, se propôs a realizar a presente dissertação, uma vez que, por outras vias, não obteve resposta às questões por ela formuladas, mais concretamente à implementação de actividades experimentais de índole investigativo.

Embora a professora investigadora tivesse consciência da importância e da responsabilidade que este projecto acarretava, não hesitou em aceitar o desafio de elaborar um trabalho que pudesse não só responder aos seus anseios mas, de igual forma, auxiliar colegas, uma vez que, em conversas informais ao longo da sua prática lectiva com os demais, constatou que, de igual modo, muitos sentiam as mesmas dúvidas/receios face às novas perspectivas e problemáticas do saber.

Assim, a professora investigadora, achou por bem, que a presente dissertação fosse um instrumento colocado ao serviço de colegas, pois um dos mal-estar dos professores em relação à inovação, advém sobretudo do receio de

enfrentar o desconhecido face à falta de informação mais actualizada e fundamentada.

Pese embora a presente dissertação pudesse ser mais sucinta, mais concretamente o seu Capítulo II, entendeu a professora investigadora, que condensar a informação recolhida da investigação desenvolvida, num texto de menor dimensão, seria contraproducente pois resultaria num trabalho redutor, bem assim, insuficiente no que se refere à utilidade prática a que se propõe, atento ao facto que não seria facultado aos demais colegas um trabalho abrangente a que chamamos de "banda larga" mas acima de tudo, um trabalho acessível, esclarecedor e de consulta fácil. Para tanto, a professora investigadora coligiu na revisão bibliográfica o entendimento de diversos autores de reconhecido mérito relativamente à questão de partida da presente investigação. Assim, se justifica que esta dissertação apresente informação um pouco mais alargada da bibliografia consultada.

Hoje, mais do que nunca, a profissão do professor acarreta novos desafios e por isso tem que ser realimentada permanentemente no sentido de repensar a sua profissão, afim de promover a melhoria das suas práticas lectivas, para desenvolver capacidades de resposta a situações sempre diferentes com que se vão deparando.

Os alunos sentem curiosidade de compreender os fenómenos que observam em contextos reais, ver a aplicabilidade e utilidade dos conhecimentos adquiridos, o que acarreta novos desafios para os professores que se vêem compelidos a reformular os seus métodos de ensino de forma a seguir e acompanhar a velocidade imposta pela sociedade de informação, pela dita sociedade da "aldeia global".

À medida que surgem novos conhecimentos, revelam-se novos caminhos e abrem-se novos horizontes. Assim, o professor deixou de ser a fonte de conhecimentos estanques e dogmáticos mas, assumindo a posição de investigador que desafia os seus alunos a uma aprendizagem activa, dinâmica e cada vez mais sedenta de saber.

Resulta, assim, necessário repensar orientações curriculares, programas e métodos de ensino das ciências de forma a responder positivamente aos desafios do ensino actual.

Nesse sentido é oportuna a visão de Morin (1999) quando escreve: "toda a evolução é fruto de um desvio conseguido cujo desenvolvimento transforma o sistema em que nasceu: desorganiza o sistema reorganizando-o. As grandes transformações são morfogéneses, criadoras de novas formas, que podem constituir verdadeiras metamorfoses".

A professora investigadora, entusiasmada com o projecto a desenvolver por o considerar assaz, interessante, relevante e oportuno, viu-se "coagida" a suspender a sua actividade lectiva, que a levou tirar um ano de licença sem vencimento para se dedicar de "alma e coração" à concretização deste projecto, uma vez que urgia dedicar tempo, estudo, investigação e reflexão.

Espera que este projecto contribua para a melhoria das suas práticas lectivas esperando que o mesmo suceda com colegas que tomem conhecimento desta dissertação.

Há por isso que inovar, há que ter sentido de oportunidade, há mesmo que antecipar os problemas e as questões.

1.2 Objectivos

Fazem parte desta dissertação os seguintes objectivos:

- Compreender que a aprendizagem das ciências é concebida como uma mudança conceptual, metodológica e atudinal;
- Resolver questões problemas com base em contextos reais com recurso ao Ensino Por Pesquisa (EPP);
- Realizar actividades experimentais de índole investigativo numa relação dinâmica entre teoria e prática, conseguida através da resolução de questões problema;
- Compreender que as questões problema, surgidas dos contextos reais, requerem uma abordagem sistémica, para se compreender os fenómenos na sua globalidade e complexidade e por conseguinte requerem uma abordagem a nível CTS;

- Proporcionar aos estudantes uma visão correcta do trabalho investigativo científico, uma vez que o tratamento conjunto da teoria, actividade experimental e resolução de problemas não surgem separados na actividade científica;
- Compreender que a resolução de problemas é simultaneamente uma estratégia de ensino e aprendizagem e um fim educativo;
- Sensibilizar os alunos para o estudo das temáticas ambientais e para o importante papel que os cidadãos devem ter em linha de conta para a preservação do ambiente rumo ao desenvolvimento sustentável;
- Compreender que os conteúdos do ensino são colocados ao serviço da Educação da Ciência e não meramente da Instrução, contribuindo para o desenvolvimento pessoal, social e exercício de uma cidadania democrática esclarecida, informada e crítica;
- Contribuir para a formação de professores de uma forma fundamentada.

1.3 Estrutura

Esta dissertação é constituída por cinco Capítulos.

No primeiro Capítulo introduz-se a relevância do tema, os objectivos da dissertação e limitações do estudo

No segundo Capítulo faz-se uma revisão bibliográfica sobre trabalho prático focalizando-se diferentes perspectivas de ensino, questões problema e orientações curriculares.

O terceiro Capítulo é de enquadramento teórico. Neste são apresentados conceitos teóricos básicos para uma melhor compreensão dos fenómenos físicos que serão abordados.

No quarto Capítulo são apresentadas as actividades experimentais. Os modelos usados são justificados. Vários estudos de caso são investigados.

Finalmente, o sexto Capítulo apresenta as considerações finais desta dissertação e perspectivas futuras de trabalho de investigação.

1.4 Limitações

Uma das limitações mais relevantes do estudo apresentado, é de ainda não ter sido possível implementar com os alunos. De facto, a professora investigadora, durante o período que decorreu a elaboração desta dissertação, esteve de licença sem vencimento.

Seria também interessante que este projecto de investigação, uma vez que é dirigido aos professores, fosse testado através da realização de oficinas pedagógicas. Estas permitiriam a formação de uma equipe alargada de professores que posteriormente implementasse este projecto. Nesse sentido, seria possível, fazer-se uma avaliação sobre o impacto desta metodologia inovadora do ensino.

Capítulo II

Revisão bibliográfica

Capítulo II

2. Revisão bibliográfica

2.1 Introdução

Actualmente, o trabalho experimental, desenvolvido nas disciplinas de físico químicas, destaca-se pela sua relevância como estratégia primordial, no âmbito de um ensino por pesquisa assumindo deste modo novas orientações, exigências e finalidades (Cachapuz *et al.,* 2002).

Consequentemente, várias questões se colocam relativamente à forma de o implementar, que estratégias se devem adoptar, em que ambientes de aprendizagem deverão decorrer, como devem ser conduzidas as aulas para contribuir para uma indiscutível melhoria da aprendizagem da ciência, que metodologias e instrumentos deverão recorrer (Lopes, 2004). Nesse sentido, fez-se uma análise epistemológica do trabalho experimental, dado que, a sua análise epistemológica na construção/utilização do conhecimento clarifica a sua natureza, define o seu lugar e valor no ensino/aprendizagem da ciência.

A reflexão epistemológica da ciência, estuda criticamente a natureza e a validade do conhecimento científico, que determina por sua vez a forma como se vê a ciência e consequentemente a forma como se ensina ciência (Lopes, 2004). Segundo (Cachapuz *et al.,* 2002) todo o currículo, tem por base uma dada perspectiva epistemológica por vezes implícita e outras vezes explícita.

Neste Capítulo, faz-se uma breve resenha histórica, da forma como as actividades experimentais (TE) tem sido implementadas no ensino e das alterações registadas na concepção do ensino/aprendizagem, que decorram e se justificam com base nos diferentes paradigmas didácticos que orientaram o ensino vigente em cada época.

Até finais do Século XIX, encontramo-nos, na Europa, numa fase pré – paradigmática, dada a não existência de um paradigma didáctico que orientasse o ensino (Santos e Praia, 1991).

No Século XIX, quando as disciplinas de ciências começaram a integrar os currículos de diversos países, o TE assume-se como parte integrante do ensino (Klainin, 1988), servindo unicamente para a confirmação, verificação e/ou demonstração das teorias previamente apresentadas (Lock, 1998; Hofstein, 1988).

Contudo a sua inclusão foi lenta, como se constata pelo facto de alguns alunos ingleses serem obrigados a pagar uma propina extra a fim de acederem às aulas laboratoriais (Solomon, 1980).

Segundo Klainin (1998) a partir do momento que o TE constituiu um pré-requisito para acesso a algumas universidades americanas, e os examinadores verificaram que os alunos não estavam devidamente preparados nesta área, foram tecidas criticas à escola por não darem a relevância devida ao TE (Lock, 1998). Certamente, foi este o passo decisivo para que o TE conquistasse um lugar de relevo na inclusão dos currículos.

Apresentemos em linhas gerais, os quatro principais paradigmas de ensino das ciências, que têm orientado a actividade experimental, Ensino Por Transmissão (EPT), Ensino Por Descoberta (EPD), Ensino Por Mudança Conceptual (EMC) e Ensino Por Pesquisa (EPP).

Os paradigmas de ensino das ciências devem ser analisados à luz de um movimento evolutivo, não cada um de *per* si, isolado dos restantes (Cachapuz *et al.*, 2002).

Segundo Kuhn (1993), cujo pensamento epistemológico está profundamente enraizado na história das ciências, o desenvolvimento das ciências processa-se em duas fases: período correspondente a um dado paradigma e períodos de crise, onde surgem anomalias que o paradigma vigente não consegue responder. Neste contexto, dá-se a revolução científica.

Surge então, de acordo com Kuhn (1993) um novo paradigma no sentido de resolver as incongruências deixadas em aberto do paradigma anterior, instaurando-se um novo período de ciência.

2.2 Distinção entre diversos tipos de trabalho experimental (TE)

O tratamento conjunto da teoria, actividade experimental e resolução de problemas é algo essencial uma vez que estes aspectos não surgem separados na actividade científica. Assim, por esta via perspectiva-se proporcionar aos estudantes uma visão correcta do trabalho investigatório científico (Hodson, 1992; Gil Perez, *et al*. 1999).

O Ensino das Ciências, em Portugal, tem sido desequilibrado no que diz respeito à relação que deve haver entre teoria e prática, sendo esta uma das razões que tem sido apontada para o insucesso desse ensino e repúdio por parte de alguns alunos. Não obstante, o trabalho prático ser habitualmente considerado benéfico para o Ensino das Ciências, alguns trabalhos de investigação mostram que nem sempre resulta ser tão valioso para a sua aprendizagem. Segundo Hodson (1994) muitas das dificuldades surgidas na realização de trabalhos práticos são devidas à forma irreflectida com que os professores dele fazem uso. Por vezes, o trabalho prático é utilizado pelos professores, com a ideia que ajudará a alcançar todos os objectivos de aprendizagem. Só em determinadas ocasiões é que exploram todo o seu autêntico potencial e, por vezes, algumas práticas que são proporcionadas aos alunos, estão mal concebidas ou estão confusas (Leite, 2006).

Uma das causas para que os objectivos do trabalho experimental no Ensino das Ciências sejam tão díspares é o facto de que muitas vezes os conteúdos teóricos apareçam separados da actividade experimental realizada. Nesse âmbito, diversos autores defendem que o trabalho prático é uma perda de tempo (Hofstein e Lunetta, 1992; Kirschner, 1992; Barberá e Valdês, 1996).

Impõe-se desde já clarificar os significados dos termos trabalho prático (TP), trabalho laboratorial (TL), trabalho de campo (TC) e trabalho experimental (TE), explicitados por Hodson (1998):

- Trabalho Prático (TP) – toda e qualquer actividade em que os alunos se envolvam activamente nos seus diversos domínios, cognitivo, afectivo e psicomotor. Nesse sentido, o trabalho prático inclui actividades laboratoriais, trabalhos de campo, resolução de exercícios, programas informáticos de simulação, pesquisa, entrevistas, etc. (Leite, 2001);

- Trabalho Laboratorial (TL) – decorre num laboratório ou numa sala de aula (desde que não haja problemas de segurança) e conforme a sua designação inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório (mais ou menos convencionais);
- Trabalho de Campo (TC) – as actividades são desenvolvidas, no local onde os fenómenos acontecem ou onde os materiais existem (Pedrinaci, 1992). Este, não difere em "substância" do TL, recorrendo muitas vezes a instrumentos que provêem do laboratório;
- Trabalho Experimental (TE) – é todo e qualquer trabalho prático que envolva a manipulação e controle de variáveis.

Ressalve-se que tanto o TC como o TL poderá ser do tipo experimental ou não.

Leite (2001) no artigo "Contributos para uma utilização mais fundamentada do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências" esclarece a questão terminológica do Trabalho Prático, diferenciando-o em quatro tipos, conforme ilustrado pela Figura 2.1:

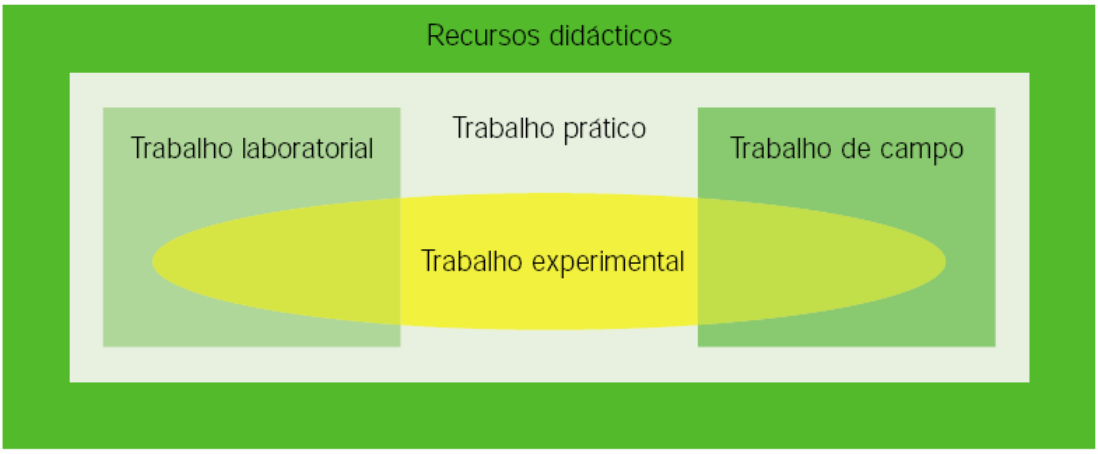

Figura 2.1 – Tipos de Trabalho Prático [Fonte: adaptado de Hodson (1988) por Leite (2001)]

O facto de se considerar que as ciências físico-químicas são disciplinas experimentais emerge uma questão central cuja resposta tem implicações epistemológicas. O que se questiona é saber se a experimentação é auto-suficiente e independente da teoria ou se teoria e experimentação são interdependentes (Leite, 2006).

O facto de se considerar o TE como independente da teoria resultou em duas formas distintas dele ser implementado nas aulas, antes ou depois da apresentação da teoria que o suporta. Na primeira situação ele desempenha um papel apenas motivador da aprendizagem do que vai ser estudado e na segunda assume-se como verificação do que já foi estudado. De acordo com Lopes (2004), o TE assumido em qualquer uma das posturas, não é uma actividade central na aprendizagem mas emerge como uma actividade complementar caracterizado "*por ter uma natureza estática e uma estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas"* executado com o objectivo de se obter a "*resposta correcta*" (Almeida, 1995). São actividades experimentais organizadas e estruturadas pelo professor, fechadas e convergentes (Santos, 2002). Esta abordagem do TE resulta de uma visão empírica e indutiva sobre a ciência e o seu modo de produção.

Segundo Leach (1999), entre as teorias e as evidências fornecidas pelas actividades laboratoriais existe uma interdependência interactiva complexa que resulta, por um lado, do desenho de uma actividade que requer conhecimentos teóricos (por exemplo, sobre variáveis que é relevante controlar e manipular, sobre dados a recolher, bem como sobre as condições de recolha dos mesmos) e, por outro lado essa actividade fornece evidências que depois de interpretadas originam conhecimento que vai alterar, mais ou menos profundamente, a base de conhecimento disponível. Nessa perspectiva, segundo Valadares (2008) a concepção do conhecimento científico estático (conhecimento - facto) deu lugar à concepção de um conhecimento dinâmico, sempre em construção e reconstrução (conhecimento - processo).

Assim, toda a ciência dita experimental na realidade é teórica – experimental. É uma construção humana resultante da interacção entre sujeito e objecto, entre pensamento e acção, entre teoria e experiência, sem qualquer hegemonia epistemológica de qualquer das partes. Nesse sentido, não deve ser privilegiada nenhuma das vertentes teoria/prática, mas antes a superação entre as duas. Como referem Praia e Marques (1998) "*a riqueza heurística do trabalho laboratorial está, justamente, na interacção teoria e prática, como elementos que*

apesar de serem indissociáveis são explicativos dos fenómenos e da complexidade que os atravessa".

Hoje tem-se uma visão epistemologicamente construtivista da ciência, sendo esta descrita como uma actividade holística e não como uma sequência de uma série de regras que requerem comportamentos específicos em etapas determinadas (Hodson, 1994; Kirschner, 1998).

Fazer Ciência é uma tarefa idiossincrática, não previsível, pouco ordenada, dependente de maneira crucial do conhecimento táctico do cientista, em que a rigidez destrói a essência criativa (Barberá e Valdêz, 1996).

Numa investigação a abordagem deve ser *open-ended*, divergente, sem respostas certas, dando liberdade à utilização de pensamento aberto.

Esta perspectiva vem influenciar a Educação em Ciência e dar maior ênfase nos processos mais do que nos "factos" da Ciência, passando o verdadeiro trabalho investigatório a estar no coração do Ensino das Ciências (Black, 1993). Nesse sentido, o TE deve servir para a realização de actividades de índole investigatório, em que os alunos relacionem a teoria e prática e aprendem teoria com prática (Hodson 1994; Kirschner, 1992; Kirschner, 1998) Essa relação dinâmica entre teoria e prática é conseguida através da resolução de problemas (Lopes, 2004). Como sustentam Martins e Veiga (1999) "*trabalhar na compreensão de situações problemáticas, para as quais não temos resposta imediata, oferecerá uma perspectiva muito mais real do carácter, do progresso e dos processos da Ciência".* Por conseguinte, perspectiva-se aproximar os alunos da investigação real, obtendo-se uma visão mais coerente do trabalho científico.

Um ensino baseado em estratégias construtivistas e investigatórias, num ambiente adequado possui um duplo suporte: é adequado à natureza da própria ciência e aos princípios psicológicos referentes ao desenvolvimento e aprendizagem das crianças defendidos por exemplo por Piaget e Vygotsky (Valadares, 2008).

É amplamente reconhecido, por investigadores e educadores, que o TE constitui uma parte vital da Educação em Ciências. As razões acima apontadas, no sentido de envolver os alunos na realização de TE, tendem a enfatizar as suas potencialidades permitindo atingir objectivos relacionados com: a promoção da

aprendizagem de conhecimento conceptual; o desenvolvimento de competências técnicas ou procedimentais; a promoção da aprendizagem de metodologia científica (que envolve conhecimento conceptual, bem como conhecimento procedimental); o desenvolvimento de capacidades de pensamento, designadamente de pensamento crítico e criativo; e o desenvolvimento de atitudes como, por exemplo, a abertura de espírito, a objectividade e a prontidão para sustentar juízos sempre que a evidência e as razões não sejam suficientes para o sustentar (Wellington, 2000).

Se por um lado, há razões de diversa ordem que fundamentam a actividade prática, por outro lado, também, é necessário questionarmos sobre o modo como deverão ser conduzidas as actividades práticas, as estratégias a desenvolver, os ambientes em que deverão decorrer, metodologias e instrumentos utilizados afim de se proceder à conexão sistemática entre a vertente teórica e a vertente prática com vista a dar resposta à questão problema (Lopes, 2004).

2.3 Evolução das Perspectivas de Ensino das Ciências

2.3.1 Ensino Por Transmissão

O Ensino Por Transmissão (EPT) radica no pressuposto epistemológico de que os conhecimentos existem fora dos indivíduos e que para os aprender é suficiente escutar. Neste modelo, o professor ocupa um papel central no processo ensino/aprendizagem, como veículo de transferência de um conjunto de conhecimentos/informações, sem qualquer preocupação de os articular (Gil Perez, 1993). Nesse paradigma existe uma sobrevalorização dos termos e dos factos "*óbvios*" e espontâneos, quase sempre dispersos, não interrelacionados, em detrimento das ideias, sua estrutura bem como do seu significado (Cachapuz *et al.,* 2002).

Nesse modelo, os alunos são apenas receptores cognitivos passivos da informação capazes de a armazenar, acumular e de a reproduzir – visão behaviorista da aprendizagem. É uma perspectiva didáctica que apenas apela à aprendizagem por repetição como forma de memorização e consequentemente, a avaliação surge como resultado da medição da capacidade de memorização.

Cachapuz *et al.* (2002) afirma que o professor faz uma leitura dos resultados obtidos na avaliação com base num grupo de alunos considerados de nível médio, não efectuando qualquer reflexão didáctica dos resultados obtidos, não são tidas em consideração as diferentes necessidades específicas de cada aluno e não existe, habitualmente, por parte do professor, uma preocupação intencional de um "*feedback*", com intuito de detectar dificuldades sentidas pelos alunos com intuito de os ajudar a superar.

As actividades experimentais, são efectuadas pelo professor e vêem detalhadamente referenciadas nos livros, de acordo com um protocolo experimental, contendo instruções minuciosamente detalhadas,"*tipo receitas*", assumindo um carácter demonstrativo e de sentido confirmatório de teorias apreendidas previamente (Lock,1998).

Nesses protocolos é apenas solicitado ao aluno a observação atenta do que acontece, pretende-se registos neutros e rigorosos do que o aluno vê sem a intenção de saber para quê e o porquê. A confrontação entre resultados e a teoria são realizados num sentido único. Assim, o TE assume um papel periférico no Ensino das Ciências, visto não contribuir com nada de novo aos conhecimentos previamente apresentados. Ao considerar-se que o ensino/aprendizagem de um corpo de conhecimentos suficientemente estruturados e sistematizados, então seria possível efectuar experiências para efectuar, ou observar fenómenos previstos.

Segundo Lopes (2004) conduz a dois equívocos, a saber:

- *um corpo de conhecimentos tem capacidade de determinar univocamente os resultados experimentais desejados e só podem ser representados de uma única maneira* (*versão ingénua do racionalismo*)*;*
- *a apropriação do conhecimento científico pelos alunos faz-se sem estes o reconstruírem. Ignora-se assim, qual é o conhecimento que está realmente a ser mobilizado para a observação.*

A repetição sistemática das experiências, no paradigma que aqui se tem referido, tem como objectivo obter sempre os mesmos resultados, indiciando a possibilidade de generalização do conhecimento, tornando-se este infalível. Segundo esta perspectiva, o conhecimento científico apresenta-se como um

corpo objectivo de conhecimentos definitivos, sofrendo apenas alterações quando novos factos surgem ocasionando o aumento do seu corpo. Deste modo, "o conhecimento é visto como sendo cumulativo, absoluto e linear" (Cachapuz *et al.,* 2002). Esta visão da ciência reflecte-se no ensino, pois não possibilita uma aprendizagem em que o aluno, no decorrer do tempo, vá aumentando progressivamente o grau de complexidade dos conhecimentos adquiridos, mas sim um mero aumento quantitativo dos mesmos de uma forma desarticulada.

Segundo a perspectiva de EPT, a instrução sobrepõe-se à educação. É promovido um ensino individual, que não permite o trabalho de grupo, que torna possível o debate, a troca de ideias, atitudes de cooperação, etc. Em suma, não educa para o desenvolvimento de valores. Dado o exposto, assim se compreende que a sala de aula seja um recinto, completamente isolado do mundo que a rodeia (Cachapuz *et al.,* 2002).

2.3.2 Ensino Por Descoberta

O Ensino Por Descoberta (EPD) iniciou-se na viragem do Século XIX, com o químico Amstrong. Este educador ensinou a estudantes de Medicina, em St. Bartholomew, e a artesãos na Instituição de Londres tendo sido, com estes últimos, que desenvolveu uma nova metodologia de ensino, usando o trabalho laboratorial como meio descobrirem por si próprios a compreensão da teoria subjacente aos trabalhos que realizavam (klainin, 1998). Neste sentido, o TL assume-se como o cerne do Ensino das Ciências, pois constitui ponto de partida para a compreensão da teoria (Lock, 1998).

A possibilidade de os alunos realizarem investigações, justificou a inclusão do TL no currículo das disciplinas de ciências, dado que proporcionavam os alunos a aprenderem a aprender (Solomon, 1980). Segundo Cachapuz *et al.* (2002) "*o que se apresenta ao aluno já não são factos dispersos, ou mesmo ideias soltas, mas sim factos observáveis e mesmo hierarquicamente organizados, na presunção de que é a partir deles que sistematicamente o aluno, agora entendido como sujeito no processo de aprendizagem, ainda que guiado gera conceitos*".

É neste contexto que surge a defesa da aprendizagem por descoberta, ou seja o EPD**.**

A aprendizagem por descoberta alicerça-se em perspectivas empiristas – indutivistas que defendem que o conhecimento tem como fundamento a experiência, baseando-se nas ideias defendidas por Bacon (1561-1626) (Klainin, 1998).

De acordo com Gusdorf (1991) *"Bacon fornece o código profético dum novo modelo de saber, que já não é a tradição do que se sabe, mas a investigação metódica e apaixonada do que não se sabe"**.***

Nessa época, a ciência era vista como um processo dinâmico de inquérito que procurava encontrar relações causais para compreender o mundo natural. Bacon acreditava no domínio do ser humano sobre as coisas, conseguido através dum caminho que o cientista tinha de seguir, liberto de qualquer ideia pré – concebida sobre a natureza, sendo a experimentação a forma privilegiada para a aquisição de novos conhecimentos científicos. A ele se deve a primeira teorização do método científico, que consiste num conjunto de normas metodológicas que possibilita a validação do conhecimento científico. A observação dos factos constitui o pilar dos defensores desta epistemologia. "*No empirismo clássico garante-se a possibilidade de controlo da teoria científica com base nos dados observacionais neutros, isto é, destituídos da componente teórica sendo mesmo recusada qualquer interpretação que ultrapasse, estritamente a observação*" (Cachapuz *et al.,* 2002). Neste quadro teórico, a observação dos factos dita as "*ideias*". Os factos observados são considerados "*dados científicos*", que surgem como "*neutros*", isto é, independente das opiniões e das expectativas do observador, confirmados pelo uso directo dos sentidos**.** Assim, um observador deve *"registar de um modo fidedigno tudo aquilo que pode ver, ouvir, etc., para a partir daqui estabelecer uma série de enunciados dos quais derivam as leis e as teorias científicas que vão construir o conhecimento científico*".

Uma nova teoria surge como um melhoramento de uma teoria antiga, já que essa teoria nova abarca um domínio operacional maior, avançando o conhecimento científico por acréscimos – a ciência desenvolve-se de uma forma contínua.

É a partir da observação que surge a interpretação, que conduz às conclusões, e estas à generalização que permite corporizar a teoria, pelo que estamos presente um processo indutivo, dado que as generalizações emergem a partir de aspectos particulares, e simultaneamente um processo abstraccionista uma vez que é a partir dos factos observáveis que é possível chegar às ideias abstractas, ou seja, aos conceitos. Os conceitos são formados quando o aluno reconhece as semelhanças e ignora as diferenças num conjunto de factos fornecidos. São estes que conferem significado à teoria. Esta tem uma "base empírica" neutra e objectiva uma vez que são controlados pelos dados observáveis. Existia assim, uma distinção inequívoca entre a teoria e o facto, entre a observação e a interpretação. O papel da hipótese que deriva da observação dos factos é vista, na perspectiva empirista como algo separado da experiência que esta põe à prova; usa-se para instituir provisoriamente ou para imaginar meios de observação mais rigorosos, mas ignora-se quando se constatam os resultados da experimentação.

Segundo os empiristas todas as formas de conhecimento só poderiam ser válidas se o cientista seguisse as regras metodológicas do" método científico que segundo os empiristas *"é um método linear, sequencial, universal, perene e pacífico"* (Cachapuz *et al.,* 2002).

A experiência constitui-se, neste paradigma, como forma autónoma de conhecimento, segundo a qual ela pode ser estudada independentemente de quem a produz e das condições históricas e culturais em que emergiu. Nega-se qualquer subjectividade na construção do conhecimento científico, na medida que se estabelece uma clara separação entre o sujeito e objecto do conhecimento; isto reflecte-se numa distinção entre teorias e factos, e entre estes e valores (visão internalista da ciência).

Esta perspectiva epistemológica não contribui positivamente para o ensino/aprendizagem da ciência. Com efeito, o objecto epistémico não se impõe por si, independentemente do sujeito, daquilo que já sabe, das suas expectativas, da maior ou menor surpresa dos fenómenos que observa. Apresentemos alguns indicadores que, segundo Lopes (2004), demonstram uma incorrecta estruturação do conhecimento:

a) *o objecto epistémico não se impõe por si;*

b) *as descrições são feitas com base nas expectativas sobre o que deverá acontecer e nos conhecimentos prévios;*

c) *o sujeito precisa de interpretar o que observa para que a "novidade" seja detectada e descrita;*

d) *o sujeito epistémico é um colectivo de pessoas que negoceia as representações do fenómeno, o que permite caminhar para interpretações mais consistentes e profundas.*

Dadas as limitações apresentadas, impôs-se mais tarde a necessidade de encontrar outras perspectivas epistemológicas mais ajustadas ao Ensino das Ciências.

Saliente-se que esta primeira teorização do método científico, que se apoia nitidamente num empirismo ingénuo, assume contornos diferentes do empirismo do senso comum. No senso comum, a experiência resume-se à obtenção dos conhecimentos de uma forma directa, unívoca e causal a partir de a observação de propriedades. Não existe subjacente à experiência qualquer conhecimento que a oriente, nem tem lugar a formulação de hipóteses. A transposição didáctica imediata dessa teoria faria com que seria que o aluno colocado perante observações e experimentações correctas aprendesse por si só.

Pelo contrário, o conhecimento científico obtido a partir da metodologia de EPD, a observação/experimentação não é fruto da ocasião, mas sim provocada intencionalmente, incluída na sistematização do método científico unívoco. "*O equivoco subjacente é pensar-se que existindo um método cientifico e seguindo escrupulosamente é possível chegar directamente ao conhecimento*" (Lopes, 2004).

Neste contexto, verifica-se pois a existência de uma visão simplista em ambas as posições epistemológicas. Contudo, como sublinha Bachelard (1980) *"quando o conhecimento vulgar e o conhecimento científico registam o mesmo facto, este não tem certamente o mesmo valor epistemológico nos dois conhecimentos".*

Rapidamente estas ideias penetraram na sala de aula, originando a pedagogia que Santos (1991) designou por OHERIC (Observação, Hipótese,

Experiência, Resultados, Interpretação e Conclusão). Ainda actualmente, alguns relatórios pedidos nas escolas e universidades reflectem aquela concepção do método científico.

Os empiristas – indutivistas advogam que os alunos são desprovidos de qualquer conhecimento e só o começam a aprender na escola, visto se ignorar a cultura acumulada na vivência do quotidiano. Os alunos são estimulados a radicar os conceitos em experiências sensoriais, principalmente naquilo que vêem e não a ser estimulado por ideias a partir de outras.

Segundo Cachapuz *et al.* (2002) *"a observação meticulosa faz crer então, aos alunos que a aprendizagem foi de imediato atingida e que os conceitos foram compreendidos e construídos a partir das observações!"*. Assim, tem-se no Ensino das Ciências, como meta, que o aluno realize senão todas, mas pelo menos algumas fases das experiências realizadas pelos cientistas, com base no método científico, recorrendo a protocolos previamente elaborados.

Os empiristas consideram a mente uma "*tábua rasa*" onde os sentidos "*gravam*" um registo fiel e verdadeiro do mundo (Lock, 1998). Porém as nossas mentes não estão em branco, pois interpretamos os dados sensoriais, que entram na nossa mente, como se fossem conhecimentos anteriores. Tudo o que chega à consciência é profundo e completamente ajustado, simplificado, e interpretado.

Segundo Lopes (2004) *"observação é antes de mais, uma construção do sujeito e não a descoberta de algo que é independente dele. No entanto, mesmo neste contexto, falar de observação individualista é pura ficção, na medida em que a observação está ligada a linguagens e pressupostos culturais que ultrapassam a dimensão individual".*

Neste modelo, cabe ao professor o papel de programar de uma forma exaustiva, detalhada, clara, sequencial e rigorosa os protocolos. Lopes (2004) refere que o método científico surge como um exercício mecânico independente do conteúdo e do contexto do TE. Também de acordo com Cachapuz *et al.* (2002) os alunos deverão procurar chegar às respostas desejadas pelo professor, que as sabe de antemão – elas são já esperadas.

Na realidade a Aprendizagem Por Descoberta (APD) é fraudulenta pois não permite nenhuma descoberta genuína, resumindo-se somente à confirmação do que é pré – conhecido (Wellington, 1981; Driver, 1995).

O professor na sua prática pedagógica, dará destaque aos aspectos observacionais, em detrimento da problematização e aos aspectos conceptuais que deveriam orientar esta mesma observação. A conflitualidade cognitiva bem como o erro são desvalorizados ou até mesmos excluídos no processo de aprendizagem dado que os alunos devem chegar pacificamente (com o professor) aos mesmos resultados, seguindo os passos do protocolo experimental, que tem por base a aplicação do método científico então preconizado. Assim, é retirando ao aluno o sentido e o significado com que realiza a experiência, sendo unicamente valorizados os resultados esperados. Deste modo se compreende que as experiências de índole mecanicista sejam consideradas estimulantes e positivas (Cachapuz *et al.,* 2002)

Neste tipo de actividades laboratoriais "*tipo receita*", não é promovida uma interligação entre o conhecimento conceptual e o conhecimento procedimental (Hodson, 1994; Gunstone, 1991). Como referem Woolnough e Allsop (1985) as actividades laboratoriais mostram o que acontece mas não mostram porque acontece.

Segundo o EPD, o aluno não possui dificuldades conceptuais, pois o todo-poderoso método científico é marcado por uma lógica de objectividade e rigor, característica do positivismo.

As dificuldades dos alunos são atribuídas ao seu próprio desenvolvimento (nível epistémico), o que indica que não foi tido em conta o contexto concreto de aprendizagem, para além das dificuldades pessoais de cada aluno que não são meramente cognitivas, e não se teve em conta os conhecimentos prévios dos alunos (Cachapuz *et al.,* 2002).

A avaliação prática do trabalho experimental incide sobre a aquisição de técnicas e capacidades práticas de tal forma que os exames incluíam questões sobre o trabalho laboratorial, existindo mesmo exames laboratoriais (Klainin, 1998). É dada, pouca relevância aos conceitos e princípios e à relação destes com as actividades laboratoriais realizadas. Hodson (1986) critica esta

metodologia ao afirmar que: "*há uma perturbadora ênfase na distinção entre factos experimentais observados e teorias, a qual parece implicar a possibilidade de observações independentes da teoria*".

Neste sentido, Santos e Praia (1991) sublinham que "*a pretensão de que os alunos podem descobrir todos os conceitos, por conta própria, faz deslocar a descoberta de ideias para a descoberta de factos… valorizando-se o pensamento elementar (pensamento primeiro) em detrimento do pensamento mais elaborado (pensamento segundo)*".

Contudo, por volta dos anos 20, segundo Woolnough e Allsop (1985) e Lunetta (1998) o TL volta a alicerçar-se no EPT na sua forma de implementar nas aulas de ciências, mas continuou a ser alvo de debate com base em investigações realizadas tendo como suporte os resultados obtidos pelos alunos usando as duas metodologias: EPT e EPD.

Na década de 70 o trabalho laboratorial com base no EPD torna a sofrer um grande impulso, como consequência do lançamento do Sputnik na Segunda Grande Guerra, pois alguns governantes consciencializam-se da importância de envolver os alunos em investigações (Lunetta, 1998). Assim, a investigação é vista como um processo dinâmico, procurando encontrar relações causais para compreender o mundo natural e consequentemente passa novamente a ser o cerne do Ensino das Ciências.

Surgem projectos, pela Gagne´s "*hierarcky of learning levels*" cujo suporte é a existência de uma aprendizagem hierárquica em grau de complexidade, em comportamentos e em competências a desenvolver pelos alunos.

Em Inglaterra, com base no resultado de investigações, surgem projectos como Nuffield. De acordo com Lunetta (1998) nos Estados Unidos com Dewey apoiando-se nas ideias de Rousseau, que defendia a importância da aprendizagem por si próprio, aparecem projectos como *Biológical Science Curriculum Study (BSCS)* e *Physical Study Curriculum (PSSC)*.

Pelo facto de se ter reconhecido constrangimentos a uma verdadeira descoberta na sala de aula, as actividades laboratoriais acabaram por se tornar muito mais fechadas e dependentes do conteúdo contrariamente ao objectivo inicialmente (Woolnough e Allsop, 1985).

A tentativa desta metodologia, defendida pelos empiristas de que a observação é o ponto de partida para a construção do conhecimento científico proporcionando uma visão mais aberta e acessível da ciência, pela familiarização de estudantes com actividades de trabalho científico, cujos factos seriam facilmente observados na natureza, mostrou-se muito questionável no Ensino das Ciências, devido à relação de interdependência interactiva que existe entre teorias e evidências (Leach, 1999).

Apresentemos alguns problemas cognitivos, relacionados com a promoção da aprendizagem de conhecimento conceptual que o EPD levanta, a saber:

- Alguns conceitos científicos não se explicam com base em situações observáveis**,** como por exemplo o electrão (os conceitos a estudar restringem-se àqueles que são possíveis de serem ensinados laboratorialmente);

- Para seleccionar uma dada experiência, requer que se conheça uma gama variada e que se tenha a ideia do que provavelmente acontece nas mesmas para as poder seleccionar convenientemente. Segundo Ball (1999) uma actividade laboratorial pode originar um conjunto alargado de dados, e o mais provável é que diferentes subconjuntos de dados originados por uma dada actividade constituam evidências de ideias diferentes (a teoria sendo necessária para a realização de observações cria dificuldades na realização de actividades laboratoriais como ponto de partida para a teoria).

Assim, sem qualquer tipo de estrutura conceptual, não é possível fazer observações, dado que é imprescindível saber o que se procura a fim de se ter a capacidade de distinguir dentro de um corpo de conhecimentos, aquilo que é pertinente. Como afirma Jacob (1982) *"para se obter uma observação com algum valor, é preciso ter, logo à partida, uma certa ideia do que há para observar … A investigação científica começa sempre pela invenção de um mundo possível".*

Este modelo de ensino apresenta algumas insuficiências, a saber:

- existem actividades experimentais cujos dados não são directamente acessíveis aos sentidos, implicando necessariamente o recurso a formas indirectas, como por exemplo a densidade (Leite e Figueiroa, 2004);
- é fomentada apenas a recolha dos dados necessários e suficientes para o teste da ideia ou o estabelecimento da conclusão pretendida. Não há o

desenvolvimento de competências relacionadas com a identificação e utilização de evidências científicas baseadas em dados empíricos (Tytler *et al*., 2001);

Tendo em consideração os aspectos referidos anteriormente, os alunos têm que ser sensibilizados, desde muito cedo, para o facto de uma observação não fornecer uma base segura como ponto de partida para se produzir ciência. Conclui-se que "*… uma experiência supõe que se associe a razão à observação…".* Como afirma Lopes (2004), *"a observação científica exige a participação do espírito que a provoca em função das suas necessidades".*

Segundo Hodson (1998) tal deve-se ao facto de as actividades laboratoriais contribuírem para a construção da teoria e de esta, por sua vez, determinar não só o tipo de actividades que pode e deve ser realizado, mas também o modo como estes dados devem ser interpretados. Deste modo, para Leach (1999) existe uma relação de interdependência entre teorias e evidências.

O paralelismo estabelecido entre o aluno, considerado como um "pequeno cientista", e os verdadeiros cientistas, dá uma imagem errada do modo que se produz ciência. As evidências que possam ser recolhidas num laboratório nunca são suficientes para que os alunos estabeleçam leis (Millar, 1998). A produção de ciência envolve raciocínio, reflexão, criatividade e requer conhecimentos prévios, aspectos que apresentam contornos significativamente diferentes nos alunos e nos cientistas, como mostraram Cachapuz *et al.* (2002). De facto, as metodologias, os instrumentos e os referenciais teóricos dos investigadores num laboratório têm características muito específicas e diversificadas em relação às existentes numa sala de aula (Gil Perez, 1994). Neste sentido, Gil Perez (1994) alerta os professores para que sejam cautelosos e não realizarem isomorfismos e replicações entre fazer ciência e ensinar e aprender ciências.

Wellington (1998) chega a afirmar que o Ensino das Ciências realizado nestes moldes, pode gerar confusão em vez de clarificar e tornar os conhecimentos mais compreensíveis e, Woolnough e Allsop (1985) apresentaram como razão para o insucesso de muitos cursos de ciências a utilização do trabalho experimental como meio de se ensinar os conceitos teóricos.

Conclui-se que o EPD, se restringe aos conceitos que são possíveis de serem ensinados laboratorialmente e consequentemente a realização de experiências exige um domínio acrescido de teoria (Leite e Esteves, 2005).

Seguindo esta linha de raciocínio, Ausubel (1980) põe em causa a APD, quando afirma que: *"esperar que os conceitos abstractos nasçam da experiência directa é inútil e prejudicial à educação".*

Actualmente, apesar de não se preconizar actividades experimentais com protocolo muito estruturado do tipo "*receita culinária*", tendo por base uma lógica verificacionista, ainda faz parte do currículo oculto ou por vezes mais explicito a sua utilização pelos professores, sem qualquer questionamento, contribuindo para induzir no aluno, por vezes, raciocínios incorrectos.

Existe uma tendência psicológica para considerar apenas os exemplos positivos de uma teoria ou hipótese, e ignorar exemplos negativos ou as experiências que as não corroboram.

Na recolha de evidências indirectas os alunos por vezes têm de as encarar como uma convenção pois, nem sempre estão relacionadas com processos e ideias que lhes são familiares (Leite e Figueiroa, 2OO2). Por outro lado, correspondem a um número relevante de actividades laboratoriais, incluídas em alguns manuais, que apresentam conclusões, sem que tenham sido obtidas evidências necessárias para as suportar (Ohlsson, 1992).

Pelos argumentos apresentados anteriormente, as experiências sem teoria, não têm sentido no campo epistemológico nem psicológico. Contudo é justo considerar-se que através do EPD se deu um salto qualitativo no Ensino das Ciências, apesar das limitações, já referidas anteriormente. Dá-se uma viragem no papel do laboratório no Ensino das Ciências, ao trazer-se para a ribalta o trabalho laboratorial como cerne do Ensino das Ciências, e dando-se primazia aos alunos no processo de aprendizagem dado que participam activamente na realização das actividades.

Para Gil Perez (1993) o conhecimento científico não é uma dádiva da natureza nem o aluno o consegue alcançar por si só, assim como o cientista não desenvolve os conceitos nem as teorias isoladamente.

2.3.3 Ensino Por Mudança Conceptual

O Ensino Por Mudança Conceptual (EMC), típico dos anos 80, insere-se nos quadros racionalistas/construtivistas também designados por "*nova*" Filosofia da Ciência (Santos, 1999). Contrariamente aos empiristas – indutivistas, no âmbito da epistemologia racionalista, não é a execução da experiência que providencia a estrutura conceptual, ao invés, é a estrutura conceptual que dá sentido e direcciona as experiências. Bachelard (1928) acentua ironicamente que enquanto o empirismo deduz leis das experiências, o racionalismo deduz experiências das leis, "*a ideia descobre o detalhe e faz emergir especificações. É a ideia que vê o particular em toda a sua riqueza, para além de que a sensação não agarra senão o geral"*.

Saliente-se que a perspectiva racionalista não defende o abandono da observação, mas propõe que esta seja cada vez mais preparada e orientada pela teoria, pondo em causa toda a observação neutra e espontânea (Cachapuz *et al.,* 2002).

Só por si um dado da observação não é entendido como um "dado científico". Para que o seja tem que ser uma construção da razão, inserido numa rede de razões, tem que ser visto com os olhos da mente.

O sujeito não é um espectador passivo da natureza, mas pelo contrário tenta responder às questões que esta lhe apresenta, evitando o recurso explícito ou implícito, de certezas absolutas.

A construção do conhecimento científico nasce da crítica e da reformulação dos seus princípios e postulados. Assim nascem hipóteses que originam outras num percurso descontínuo e incerto. O tradicional "método científico" dá lugar a um método dinâmico, dialéctico e pouco estruturado. Agora, existe um pluralismo metodológico, porque se crê que os métodos científicos dependem de circunstâncias particulares, tal como o próprio conhecimento que produzem. A metodologia aplicada desenvolve-se e modifica-se de modo a ajustar-se a diferentes situações, exigindo do cientista desenvolver toda a sua criatividade, seguindo uma metodologia que se ajuste à resolução das diferentes situações que lhes são apresentadas (Hodson, 1998; Feyerabend, 1989).

Segundo Popper (1983), o primeiro filósofo a rejeitar a teoria verificacionista, o pensamento científico é um jogo constante entre hipóteses e consequências lógicas que elas originam, num constante diálogo entre conjecturas e refutações. Segundo esta perspectiva, a experimentação científica não serve para confirmar positivamente a hipótese, já que esta pode ser falsa mas confirmada, mas sim como tentativa de rectificação de erros cometidos nas hipóteses formuladas. Porém, se houver uma confirmação positiva, sistemática e persistente, permite de uma forma mais sustentada progredir com o programa de investigação. A experimentação exige uma grande e cuidada preparação teórica e técnica, precedida e integrada num projecto que a oriente. Da reflexão dos resultados a que ela conduz pode, por sua vez, advir um outro saber a problematizar. Assim, as experiências passam a ser realizadas com base nos conhecimentos teóricos, em função das hipóteses formuladas que orientam a observação.

A hipótese é algo que entrevem simultaneamente e activamente na preparação teórica e na interpretação da experiência. Segundo Cachapuz *et al.* (2002) *"a experimentação* deve *então surgir no preciso momento em que é parte do problema e é parte da solução"* (a finalidade da experiência é validação ou refutação da hipótese, para que surja uma teoria que explique satisfatoriamente um dado fenómeno).

Para Marques e Praia (1999) as teorias são encaradas como estruturas complexas, cuja validade é determinada pela sua capacidade de predizer, observar, descrever e explicar fenómenos que não estão directamente dependentes de observações sensoriais. Nesta perspectiva, e de acordo com Cachapuz *et al.* (2002) a experimentação exige uma grande e cuidada preparação teórica e técnica, precedida e integrada num projecto que a oriente. Da reflexão dos resultados a que ela conduz pode, por sua vez, advir um outro saber a problematizar.

O facto de se considerar que a razão tem supremacia em relação à observação, e que esta não resulta só das nossas capacidades sensoriais, mas também de um enquadramento teórico que a orienta, por isso depende de quem observa. Consequentemente as teorias são subjectivas e falíveis. Sendo a razão

subjectiva na elaboração da teoria, é posta em causa a objectividade do cientista (Hodson, 1992; Gil Perez, 1993). Popper (1989) advoga mesmo que o cientista da natureza é tão parcial quanto qualquer outro indivíduo e que infelizmente – se não pertencer ao pequeno número dos que estão continuamente a produzir novas ideias – é conquistado normalmente, de uma forma unilateral e parcial, pelas suas próprias ideias.

A necessidade de considerar as construções prévias dos alunos fez emergir na didáctica das ciências o EMC, formando-se agora a construção do conhecimento científico a partir da actividade intelectual do aluno, perspectiva construtivista, e não com base na mera aquisição de conceitos (Carretero *et al*., 1997). O aluno é um elemento estruturante e estruturador da sua aprendizagem, que é um processo individual e profundamente idiossincrático (Gowin, 1981), ainda que altamente influenciado por factores sociais (Vygotsky, 1998), é fulcral o seu papel activo.

Bachelard (1928) reconhece que o conhecimento não desliza sub-repticiamente do quadro teórico prévio dos alunos para novas formas de entendimento, como parecem fazer crer Ausubel *et al*. (1978), nem que ocorram grandes transformações nas estruturas conceptuais dos alunos, de modo a eliminar os obstáculos epistemológicos que bloqueiam a compreensão de novos conteúdos. Qualquer conceito está articulado, de forma complexa, a muitos outros conceitos – redes de conceitos. Deste modo se compreende que o EMC não visa apenas uma alteração ou uma mera substituição de um dado conceito *strictu sensu* mas envolve uma (re)organização conceptual.

O facto da mente do aluno ser adaptativa, permite ao aluno construir e reconstruir as ideias que possui à medida que vai vivendo as mais diversas experiências, de modo a adaptar-se a novas situações e atribui-lhes um novo significado. A aprendizagem, como mudança do significado das experiências, consiste em mecanismos de mudança mais ou menos acentuada na rede conceptual previamente disponível na memória, de modo a que os novos conceitos fiquem integrados, de modo mais ou menos substantivo, nessa rede conceptual modificada**.**

A actividade intelectual do aluno passa por levantar e fazer previsões, procurar respostas, colocar questões, imaginar, investigar e inventar de maneira a desenvolver novas representações que evidenciam coerência (Hodson, 1994).

De acordo com Cachapuz *et al.* (2002) a actividade do sujeito consiste essencialmente em organizar a informação com vista a uma necessária reorganização do conhecimento, em esquemas, entretanto com estrutura própria, actividade exigente e cognitivamente complexa.

Gil Perez (1993) resume esta nova metodologia e pressupondo que:

- toda a aprendizagem depende de conhecimentos prévios;
- quem aprende constrói significados, dado que estabelece relações, não reproduzindo o que lê nem o que se lhe ensina.

O aluno é um elemento estruturante e estruturador da sua aprendizagem, que é um processo individual e profundamente idiossincrático (Gowin, 1981), ainda que altamente influenciado por factores sociais, é fulcral o seu papel activo, assumindo o professor um papel de dinamizador e facilitador da aprendizagem do aluno (Vygotsky, 1998).

Pretende-se que o professor procure compreender as dificuldades que as mudanças conceptuais exigem dos alunos. Segundo esta perspectiva, o erro é construtivo, se for analisada a razão da sua existência, o seu significado e suas eventuais articulações com os conhecimentos inerentes a uma dada situação.

Segundo Valadares (2004) o professor deve fomentar nos alunos que estes sejam**:**

- Activos – para interactuarem com o ambiente e os materiais de aprendizagem que lhe são proporcionados;
- Pesquisadores – para explorarem os materiais e o ambiente de aprendizagem que lhes são proporcionados;
- Intencionais – procurando espontaneamente e de boa vontade atingir os objectivos cognitivos;
- Dialogantes – envolvidos em dialogo uns com os outros e com os professores;
- Reflexivos – articulando o que aprenderam e reflectindo nos processos e nas decisões tomadas;

- Ampliativos – gerando juízos ou assertações, atributos e implicações com base no que aprenderam.

Para que tal aconteça, o professor, deverá proporcionar ambientes adequados ao desenvolvimento daquelas competências criando ambientes construtivistas adequados de modo a fomentarem uma boa aprendizagem.

Neste paradigma de ensino:

- Põe-se a ênfase na construção do conhecimento e não na sua reprodução de memória;
- Privilegiam as tarefas dos alunos em contextos significativos em vez de prelecções abstractas do professor fora dos contextos adequados;
- Privilegiam as situações do mundo real e do dia-a-dia em vez das sequências do ensino rígidas e pré – determinadas;
- Propiciam múltiplas representações da mesma realidade e não uma só (representações icónicas, verbais, formais, qualitativas, semiquantitativas, quantitativas, etc.);
- - Encorajem a reflexão crítica constante dos alunos durante as suas actividades;
- Propiciam actividades dependentes do contexto e do conteúdo e tem em conta os estilos de aprendizagem dos alunos;
- Estimulam a construção colaborativa do conhecimento através da negociação social e não a competição individual pela classificação;
- Privilegiam a avaliação formadora que, tal como a encaramos, deve estar voltada não só para a regulação da aprendizagem de cada aluno como também para a reflexão, auto-avaliação, autocorrecção da própria aprendizagem;
- São agradáveis e propiciadoras de boas relações interpessoais dentro e fora das aulas;
- São motivadoras e responsabilizadoras dos alunos pelas suas próprias aprendizagens.
- Uma actividade experimental, quando bem planificada, pode possibilitar o desequilíbrio do aluno face aos factos observados que não se coadunam com os seus modelos explicativos. Trata-se pois de um procedimento contra indutivo que é defendido pelo construtivismo.

O objectivo da actividade experimental é ajudar a diminuir as dificuldades de aprendizagens existentes, não só pela natureza das interpretações que os trabalhos exigem, ainda que estes selectivamente escolhidos pelo professor, mas sobretudo porque permitem a discussão e a controvérsia entre os próprios alunos. A linguagem que os alunos utilizam aquando das interpretações que fazem e das explicações que dão (bem como os elementos teóricos porventura conhecidos), ajudam o professor a consciencializar-se onde os alunos encontram as maiores dificuldades a ultrapassar. Por outro lado, o professor deve pedir, com relativa frequência, previsões acerca do que os alunos esperam encontrar, bem como pedir justificações para as afirmações que fazem – uma vez mais, tal postura, permite que o professor avalie melhor a situação e o significado que tem para o aluno o eventual conflito cognitivo, mas que também tome mais consciência das dificuldades e da falta de elementos teóricos que os alunos possuem (Cachapuz *et al.,* 2002).

Assim o trabalho experimental deve proporcionar situações de aprendizagem das quais os alunos duvidem das suas ideias, tendo por base a problematização. Por vezes será oportuno, em certas situações, o professor introduzir teorias que são inconsistentes com as teorias e os factos existentes.

Deste modo, o trabalho experimental assume-se como instrumento ao serviço do professor, por auxiliá-lo a proporcionar nos alunos a mudança conceptual e ainda, a considerar outros instrumentos, como os mapas conceptuais e os vês heurísticos de Gowin.

Nos anos 80, no Reino Unido na Universidade de LEEDS, desenvolveu-se o projecto CLIS que articulou a investigação então desenvolvida com um projecto de desenvolvimento curricular, embora tenha tido pouco impacte no trabalho desenvolvido pelos professores, talvez pela dificuldade na sua implementação na sala de aula, pois se não for conduzida devidamente conduz a dificuldades acrescidas à conceptualização (Cachapuz *et al*., 2002).

O EMC entrou em declínio nos anos 90. São apontadas para este declínio razões de ordem externa e interna. A principal razão de ordem externa apontada prende-se com a formação dos professores, quer no início quer no decurso da

sua formação, devido à falta de interligação entre a didáctica – educacional e as práticas lectivas, e aspectos ligados com a própria organização da escola**.**

Apontam-se como razões de ordem interna para este declínio, o facto do EMC, considerar as ideias prévias dos alunos, dado que estas são, em geral, bastantes locais e as formas de raciocínio são muito "*naifs*"**.** Uma vez que muito dos conhecimentos não foram obtidos por via académica e nunca serão confrontados academicamente. Outros, que incorporam apropriações mais ou menos adequadas, do conhecimento científico ou suas versões alternativas, podem ajudar ou dificultar a aprendizagem do conhecimento científico dependendo se o professor mobilizar este conhecimento ou não e do modo como o faz (Lopes, 2004).

O EMC ao sobrevalorizar a aprendizagem dos conceitos para resolver uma dada situação, com base no exercício de pensar, o aluno deixa de se centrar na situação concreta, dificultando-lhe a compreensão do contexto e consequentemente a aprendizagem.

Além disso, não são consideradas as ideias estruturantes, isto é, os conceitos não estão relacionados e integrados, acentuando-se a dificuldade de (re)estruturação e integração em estruturas conceptuais mais complexas. Segundo Gagliardi (1994), as ideias estruturantes de um dado saber permitem os alunos compreender e interagir num todo organizado e coerente.

Por outro lado, EMC descuidou finalidades educacionais relevantes tais como: valores, atitudes, interesses e as necessidades pessoais dos alunos.

2.3.4 Ensino Por Pesquisa

O conceito de riqueza nas sociedades modernas, já não é medido pela quantidade de recursos materiais, mas sim pela quantidade de conhecimento disponível que estas dispõem, sendo uma mais-valia social, na medida em que é associado a um maior nível económico e bem-estar das pessoas e paralelamente a um maior índice de literacia da sua população.

A OCDE define a literacia como a capacidade de compreender e usar informação escrita nas actividades do quotidiano (em casa, no trabalho, na sociedade), a habilidade de desenvolver conhecimentos e atingir objectivos. A

esta definição, a Literacy Volunteers of América, em 1999, acrescenta a capacidade de utilização das novas tecnologias de informação nas situações do dia-a-dia.

Enquanto na sociedade industrial, Século XIX, a escola propunha-se a preparar os alunos aquando estes se inserissem no mundo laborar fossem subservientes a elites, sem qualquer tipo de iniciativa própria, desempenhando a mesma tarefa durante toda a sua vida, de uma forma expedita exercendo funções específicas num processo repetitivo, que lhes exigia apenas a aplicação dos mesmos conhecimentos, no Século XXI, a escola tem que preparar os alunos para se adaptarem aos constantes desafios que caracterizam a actual sociedade pós – moderna, de informação e de rápidas mudanças, cientificas, tecnológicas, sociais, culturais e éticas, isto é, a designada sociedade de 3º vaga que de que fala Alvin Toller.

O êxito do indivíduo na sociedade do conhecimento vai depender da sua capacidade de responder de uma forma rápida e eficaz a situações de mudança. Para tal deverá ser capaz de continuar a aprender de diferentes formas durante toda a vida, fazendo o desenvolvimento da aprendizagem ao longo da vida (life-long-learning), dado que se vislumbra que o seu percurso profissional se modifique de uma maneira imprevisível, cabendo-lhe orientar a sua própria trajectória pessoal. O relatório para a UNESCO da Comissão Internacional da Educação para o Século XXI, considera a educação um tesouro a descobrir, reflectindo sobre algumas das características da sociedade actual – a interdependência planetária e a globalização, a inclusão/exclusão social e a participação democrática, o crescimento económico e humano desigual – propõe, como ideia central, colocar a educação durante toda a vida no coração da sociedade (Alonso, 2004). Também, o programa de trabalho "Educação e Formação 2010", que fez parte da estratégia de Lisboa revista, pretende disponibilizar aproximadamente sete milhões de euros nos próximos sete anos em projectos que promovam a aprendizagem ao longo da vida. O relatório mais recente, respeitante a 2006/2007, insta a um maior investimento no capital humano, através de uma melhor educação e de desenvolvimento de melhores

competências reconhecendo igualmente a importância crescente da aprendizagem ao longo da vida …

Torna-se assim urgente e necessário substituir a visão tradicional do conhecimento, como algo estável e seguro, por uma visão complexa que tem de se adaptar, sistematicamente, a diferentes contextos cuja natureza é inovadora e incerta. Hoje vive-se permanentemente a incerteza do real, contrariamente aos séculos precedentes em que sempre se acreditou num futuro, que podia ser repetitivo ou progressivo. O Século XX descobriu a sua impressibilidade. As ditas ciências exactas como a física consubstancia esta ideia. Por exemplo, Heisenberg (1901-1976) explicou esta ideia quando explicou que não era possível determinar com exactidão a posição do electrão no átomo.

Assim, segundo Morin (1999) constata-se que "O universo do Século XX é probabilístico". O mesmo autor ainda acrescenta: "…quase parece inverosímil que o objecto da física contemporânea e o da física setecentista seja o mesmo. Mas é. Quem mudou foi o Homem e a sua explicação para o Universo. Os fenómenos e os acontecimentos lá estão e sempre estiveram*, mas após cada revolução cientifica o nosso olhar poisa neles e neles" vê de uma forma diferente. "O conhecimento é pois uma aventura incerta que leva em si, e em permanência o risco da ilusão e do erro*".

Nesse sentido, é necessário consciencializarmo-nos, interiorizar, que as ideias e as teorias não reflectem, mas traduzem a realidade, podendo-a traduzir de forma errada. Se nos situarmos no conceito de átomo, verificamos como ao longo da história a nossa visão de átomo foi evoluindo, desde Demócrito até à actualidade. A ideia que hoje temos de "átomo" foi possível face ao grande desenvolvimento técnico. As sucessivas evoluções que a Ciência apresenta, muitas possíveis face ao grande desenvolvimento da técnica. Técnica e Ciência interagem de uma forma dialéctica. Os avanços da Ciência permitem o desenvolvimento da técnica e por sua vez o desenvolvimento da técnica faz evoluir a ciência, abrindo-nos para um mundo "sempre inovador". Como muito assertivamente afirma (Morin, 1999) a "nossa realidade apenas é a nossa ideia de realidade".

Face ao crescimento exponencial da informação disponível, os desafios da sociedade do conhecimento passam, sobretudo, por saber pensar para gerir a informação. Resulta, por isso, que a meta por excelência da educação é promover nos alunos a capacidade de aprender a aprender, isto é, procurar, processar, organizar e sistematizar informação, transformando-a em conhecimento.

A questão fundamental da educação actual é saber como proceder de modo a potencializar e tornar possível articular e organizar os conhecimentos, uma vez que de acordo com Morin (1999) os saberes estão desunidos compartimentados e por outro lado temos realidades ou problemas cada vez mais pluridisciplinares, transversais, globais, planetários. Assim, segundo Perraudeau (1996) há que abordar o conhecimento de uma forma sistémica. Nesta abordagem sistémica de uma situação procura-se identificar o conjunto da estrutura, a totalidade dos elementos que a compõem e as relações entre estes elementos, e já não limitar-se a analisar de forma independente os atributos de cada um deles.

O sistema possui diversas características, a saber:

- Plurifactoriabilidade – várias causas podem produzir um único efeito e uma única causa pode desencadear vários efeitos;
- Complexidade – o encadeamento de factores implica a impossibilidade de determinar uma causa primeira única, o que conduz a que raramente se estabeleça uma relação linear de causas/consequência;
- Interacção – cada problema interage a diversos níveis sobre o conjunto, com fenómenos de retroacção, como resultado das interacções entre os diferentes elementos que compõem o sistema. A interacção é a chave para compreender as propriedades do sistema;
- A sistémia situa-se na linha do pensamento de Pascal, que decorre de um princípio de síntese que reúne associa e conjuga, contrariamente a Decartes cujo pensamento assenta num postulado segundo o qual a compreensão da realidade necessita da divisão do conjunto em unidades limitadas, mais facilmente disponíveis.

Infelizmente durante muito tempo a Educação alicerçou-se na linha de Decartes que conduziu a que Morin (1999) apontasse críticas à educação por não

abordar o conhecimento de uma forma sistémica. Ele afirma: "*como a nossa educação nos ensinou a separar, compartimentar, isolar e a não ligar os conhecimentos, o conjunto destes constitui um puzzle inatingível*", na medida em que o contexto, global, multidimensional complexo que se encontram no *no man' land* entre as disciplinas se tornaram invisíveis. Nesse sentido, o mesmo autor, apresenta uma visão do conhecimento mais integradora, mais abrangente e por isso mais compreensiva, porque menos simplista na abordagem, considerando na abordagem do conhecimento vários aspectos a saber:

O contexto

Morin (1999) considera que a evolução cognitiva não vai no sentido de elaboração de conhecimentos cada vez mais abstractos, mas, pelo contrário, vai no sentido da sua contextualização – a qual determina as condições da sua inserção e os limites da sua validade. Só situando as informações e os dados no seu contexto é que estes têm sentido. A especialização "*abs-trai*", por outras palavras, extrai um objecto do seu contexto e do seu conjunto, rejeita os laços e as intercomunicações com o seu meio, insere-o num sector conceptual abstracto que é a disciplina compartimentada, cujas fronteiras quebram arbitrariamente a sistemicidade.

O global

Para expressar o conceito de global, Perraudeau (1996) cita Pascal: "… *sendo todas as coisas causadas e causais, favorecidas ou favorecedoras, mediatas ou imediatas, e interligando-se todas elas por um vínculo natural e imperceptível que une as mais afastadas e as mais diferentes, julgo ser impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, bem como conhecer o todo sem conhecer as partes".* Deste modo, deve entende-se a globalidade, como bem explicita Morin (1999) no sentido em que *"o todo tem qualidades ou propriedades que não se encontram nas partes se estivessem isoladas uma das outras, e certas qualidades ou propriedades das partes podem ser inibidas pelas pressões saídas do todo*".

O Multidimensional

O conceito de globalidade encerra o de complexidade, dado que as unidades complexas são por natureza multidimensionais. Por exemplo, o homem é um ser global, por ser biológico, psíquico, social, afectivo e racional, ou seja, é um ser multidimensional.

Complexidade

Derivado do latim *complexus* cujo significado corresponde ao que é tecido em conjunto; tal como a análise etimologicamente significa – com efeito, existe complexidade desde que sejam inseparáveis os elementos diferentes constituindo um todo.

Para Kunh (1993), no seu artigo "ciência como argumento: Implicações para o ensino e aprendizagem do pensamento cientifico", argumenta que devido a um aumento da complexidade tecnológica, especialização e rápida evolução do Conhecimento em Ciência, a Educação em Ciência tornou-se a maneira mais promissora para promover a forma de pensar, sendo o pensamento cientifico um fim e não o principio de um complexo processo de desenvolvimento intelectual.

Segundo a perspectiva de Valadares (2007), no EPP os alunos deverão compreender que Ciência enquanto construção humana não vive à margem da Sociedade, antes é influenciada por esta. Segundo esta linha de pensamento, preconiza que a "aprendizagem, não de uma ciência académica, desventrada da sua faceta social, mas sim uma ciência historicamente encarada numa perspectiva extrenalista, que conviveu e convive com as ideologias, os valores, as convulsões sociais, as polémicas, os debates, as conjecturas e as refutações, uma Ciência que terá de ser encarada numa estreita ligação à Tecnologia, à Sociedade e ao Ambiente", perspectiva CTS, preparando os alunos para a resolução dos mais diversos problemas com que se confrontarão ao longo da vida. De acordo com o mesmo autor, o EPP tem subjacente uma epistemologia construtivista, investigativa e humanista, superadora entre as grandes antíteses filosóficas, que privilegia a interacção entre o pensar e o fazer. Desenvolve-se a partir de contextos reais, com base em problemas significativos para os alunos, no âmbito CTS. Estes, de acordo com Morin (1999) devem ser tratados a nível

interdisciplinar ou mesmo transdisciplinar decorrente da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade, como resultado de uma visão sistémica do mesmo, o que implica que, segundo Cachapuz *et al*. (2002), as temáticas em estudo não se condicionem a sua abordagem ao espaço de aula sob pena de o seu tratamento ser redutor. Ainda, de acordo com os mesmos autores, é fundamental que cada problema seja convertido numa actividade de pesquisa em que os estudantes se envolvam de modo a aprenderem significativamente com ela e por isso, as aprendizagens deverão fomentar a construção activa e significativa dos conhecimentos tornando-os úteis e utilizáveis no dia-a-dia.

Deste modo, como explicita Valadares (2007) se compreende que os conteúdos do ensino sejam colocados ao serviço da Educação em Ciência e não meramente da instrução, contribuindo para o desenvolvimento pessoal, social e exercício de uma cidadania democrática informada e crítica. Segundo o mesmo autor, embora o domínio dos conteúdos sejam importantes, também é relevante que se os explorem no domínio de competências fundamentais, científicas, tecnológicas e sociais, através do desenvolvimento do pensamento crítico e construtivo. Sendo conteúdos e processos científicos igualmente importantes, torna possível a familiarização dos alunos com o trabalho científico, com a natureza construtivista da ciência e com as relações desta com o mundo.

Perraudeau (1996) ao preconizar uma aprendizagem escolar por competências tem como objectivo a transformação de saberes disciplinares em recursos que capacitem os alunos para resolver problemas, realizar projectos, tomar decisões. Importa pois, clarificar o conceito de competência. O conceito de competência ultrapassa o seu sentido tecnicista original, adquirindo uma orientação mais construtivista e integrada, que aponta para "*a capacidade de agir e reagir de forma apropriada perante situações mais ou menos complexas, através da mobilização de conceitos, procedimentos e atitudes pessoais, num contexto determinado, significativo e informado por valores*" estamos perante uma perspectiva epistemológica curricular nova que reside no essencial, na mudança da relação da escola com o saber (Alonso, 2000).

O saber disciplinarmente fragmentado, no currículo intencional, dá lugar a este mesmo saber como condição essencial na estruturação e desenvolvimento de saberes. Passa-se de uma lógica extensiva dos saberes "inertes, segmentares, enciclopédicos, encapsulados em formatos de imobilidade intelectual e social", para "uma lógica integradora, mobilizadora e actuante da relação dos cidadãos como este mesmo saber".

Saliente-se que não há oposição entre conhecimentos disciplinares e competências, uma vez que não pode haver desenvolvimento de competências sem ter por base os conteúdos disciplinares. Na verdade, o que há é uma outra forma de entender o sentido dos diferentes conteúdos disciplinares, uma vez que passam a estar ligados a práticas sociais. Deste modo entende-se que a relação entre conteúdos e competências seja sinergética.

Apesar de se encontrar centrado no trabalho dos alunos, o EPP exige do professor um papel fundamental, relevante e por vezes árduo. Deve, por isso, colocar problemas cuja relevância seja reconhecida pelos alunos, proporcionando-lhes actividades susceptíveis de pôr à prova as suas suposições, procurando sempre conhecer e ter em conta os seus pontos de vista. Assim, deve promover-se, a reflexão crítica dos alunos durante as suas actividades, a análise do que dizem e fazem, bem como a análise do que dizem e fazem os seus colegas, potenciando a construção cooperativa do conhecimento, através da negociação social e a co-responsabilização dos alunos pelas suas próprias aprendizagens.

As actividades propostas devem ser dependentes do contexto e do conteúdo que têm que ter em conta os estilos e ritmos de aprendizagem dos estudantes, pautando-se as estratégias por um pluralismo metodológico com recurso a diversas fontes e formas de recolha e processamento de informação.

O aluno, segundo Valadares (2007) é entendido como um ser singular, porque é ele o construtor do seu próprio conhecimento (visão construtivista), mas também um ser social, assumindo um papel indagador, envolvido numa dinâmica social (visão vygostkyana), onde a reflexão e a discussão científica de ideias assumem um papel crucial.

O ensino, a aprendizagem e a avaliação têm de estar perfeitamente interligados**.** Nesse sentido, os professores poderão partilhar com os estudantes individualmente ou com os grupos linhas orientadoras, que descrevam os critérios que vão ser usados para avaliar a sua consecução, recorrendo aos mais diversos instrumentos e não apenas a testes.

Sem prejuízo da necessária avaliação sumativa, procura-se explorar educacionalmente e simultaneamente uma avaliação formativa e formadora. A avaliação constitui não só um instrumento de controlo mas também de formação que contribui para o aluno atingir os seus objectivos pessoais, e construir o próprio percurso de aprendizagem, sendo dada muita relevância à metaprendizagem, para que o estudante possa ir, paulatinamente, construindo conhecimentos, isto é vá aprendendo cada vez melhor à medida que vai aprendendo (Abrecht, 1994), já que um dos objectivos do EPP é desenvolver nos estudantes a capacidade de monitorizarem o seu próprio processo de aprendizagem e de os demais colegas que integram a turma. Assim, preconiza-se uma avaliação formadora voltada não só para a regulação da aprendizagem de cada aluno pelo professor, como também para a reflexão pessoal, auto-avaliação e auto-correcção da aprendizagem.

Há que procurar concatenar de modo harmonioso uma avaliação convergente, verificando se o estudante sabe, compreende ou pode fazer algo que foi pré-determinado, com uma avaliação divergente, tentando descobrir o que o estudante sabe, compreende ou pode fazer para além do previsto.

À avaliação ao incidir nos mais diversos tipos de conhecimentos, capacidades, atitudes e valores que foram desenvolvidos, não pode descurar também o próprio processo de ensino/aprendizagem, como via prescritiva e fornecedora de boas sugestões de melhoria do processo de ensino/aprendizagem e dos seus resultados no futuro. No EPP, segundo Cachapuz *et al*. (2002) a "*avaliação compreende sempre duas vertentes: uma relativa aos produtos, isto é, às mudanças ocorridas em função das aprendizagens realizadas; outra dizendo respeito ao modo como o percurso de ensino/aprendizagem se desenvolveu, como se ultrapassaram as dificuldades, e o que será necessário alterar, ou seja*

aos "processos" decorridos, tendo como referência essencial as finalidades educacionais definidas"**.**

Para Valadares (2007), o EPP ajusta-se ao Século XXI, na medida em que alarga, os horizontes do ensino, possibilitando não só de compreender o mundo, mas também de atingir metas educacional e socialmente relevantes. Assim, é possível que o aluno adquira as mais variadas competências cognitivo-processuais, afectivas e sociais, que respeite os valores humanos e sociais.

2.3.4.1 Alguns contextos na história da ciência

"Um povo sem consciência crítica da sua história vive um presente sem futuro, sem leme intelectual, sem protecção contra os seus próprios erros e sem direcção psicossocial".

Cury

Não se pretende apresentar uma perspectiva descritiva de factos históricos relacionados com a ciência, de uma forma dogmática, mas direccioná-los no sentido didáctico da controvérsia científica com base numa visão extrenalista da história, permitindo introduzir a discussão em torno da problemática da ciência em termos da sua produção, obstáculos epistemológicos e aceitação quer a nível social quer a nível individual, a sua ligação a campos da actividade humana como sejam, o campo histórico-filosófico, político-social, tecnológico e económico (Gagliardi, 1988; Valadares, 2007).

De acordo com Cury (2007) um professor deveria ser um actor e um encenador de teatro… deveria viver a história que está morta nos livros e estimular os seus alunos a vivê-la e analisa-la com consciência crítica; deveria levá-los a apreciar e a debater o mundo das ideias.

Muitas misérias humanas foram perpetuadas pela ineficiência do sistema educacional em possuir pensadores psicossociais, pessoas que tenham consciência crítica, que tenham consciência sociopolítica. Hitler numa fase da sua vida sentou-se nos bancos da escola, mas isso não impediu que fosse um dos principais responsáveis pelo extermínio dos Judeus que viviam na Alemanha, nos campos de concentração em *Auscwitz-Birkenau*.

Consideremos outro exemplo Galileu Galilei que nos mostra uma atitude bastante diferente perante circunstâncias adversas às suas ideias, sendo

considerado o pai da ciência moderna, dada a sua reacção ao autoritarismo da tradição aristotélica, e a defesa da experimentação. Ele foi um aluno que não receava por em dúvida as ideias pré-estabelecidas, tendo-lhe sido por isso atribuída na sua época a alcunha de "*o altercador*". Galileu Galilei viveu na segunda metade do Século XVI (1564 – 1642) e foi físico, matemático, astrónomo e filósofo italiano. Ele apontou o caminho e foi o responsável pelo ímpeto da ciência moderna, ao constituir um "corte" com o método Aristotélico até então utilizado. Aristóteles vivera no Século IV a.C. e a sua doutrina baseava-se na ideia de que a verdade acerca do mundo podia ser determinada pelo pensamento puro – filosofia – sem a necessidade de recurso a testes daquilo a que actualmente, chamaríamos experiências.

Entre os conceitos que revolucionaram o nosso modo de ver o mundo, e apesar dos contributos teóricos dos seus antecessores, devem-se definitivamente a Galileu noções tão importantes como a gravidade, a inércia, o movimento da Terra e a semelhança dos outros planetas com o planeta Terra.

Não esqueçamos porém, que no início do século XVI começou-se a publicar livros impressos a baixo custo difundindo ideias não aceites pelos monges, professores de filosofia natural (denominação dada à ciência naquela altura), que sem dúvida influenciaram Galileu.

Por considerarmos interessante, passamos a citar um extracto de um livro escrito por seu pai, Vicenzio, "*quero-me parecer que todos aqueles que para provarem uma afirmação, se limitam a confiar no peso da autoridade, sem referirem qualquer argumento (ou seja provas obtidas a partir das experiências) em apoio dessa mesma afirmação, agem de forma extremamente absurda*".

De salientar que Vicenzio era músico profissional (profissão muito respeitada na época), profundamente interessado pela matemática e pela teoria musical, embora as suas ideias provocassem alguma agitação. Vicenzio não suspeitou dos problemas que o seu filho iria enfrentar alguns anos mais tarde ao educá-lo a questionar a autoridade, a descobrir as coisas por si só e a defender as suas ideias (John e Gribbin, 1997). A inquisição para Galileu tornou-se inflexível.

Galileu ao refutar a teoria geocêntrica (propõe a teoria heliocêntrica) impôs à igreja a reinterpretação dos seus dogmas, exactamente num momento em que esta instituição se encontrava fragilizada dada a reforma protestante.

Galileu foi "obrigado" a mudar de ideias perante o tribunal da inquisição, quando era então Papa Urbano VIII afim de não ser enforcado. Reza a lenda que ele proferiu a celebre frase: Eppur simuove!", ou seja, "contudo ela se move" referindo-se à Terra. Assim, a teoria geocêntrica perpetuou-se durante muitos anos. O papa João Paulo II em 1992 pediu "perdão" da atitude da Igreja católica sublinhando a dimensão heróica do investigador.

Rómulo de Carvalho, sob o pseudónimo de António Gedeão, escreveu um poema sobre Galileu que apresentamos um excerto:

Eu,

e quantos milhões de homens como eu
a quem tu esclareceste,
ia jura-te que disparar te Galileu!
– jurava a pés juntos e apostava a cabeça
Sem a menor hesitação –
Que os corpos caem tanto mais depressa
Quanto mais pesados são.
Pois não é evidente, Galileu?
Quem acredita que um penedo cai
com a mesma rapidez que um botão de camisa
ou que um seixo da praia?
Esta era a inteligência que Deus nos deu.

Gedeão (física na escola)

A partir da leitura do poema, que se reporta a uma determinada época histórica é possível por exemplo fazer um levantamento de conceitos prévios dos alunos em relação à queda dos corpos graves, os conceitos de massa e de peso, e outros. Segundo Bachelard (1980) é necessário destruir os conceitos não científicos para que tenhamos um "*Espírito Cientifico*". Também a visita a museus, os debates, o teatro (que torna possível associar um carácter lúdico, além de cultural) são exemplos de excelentes meios que promovem a melhor compreensão dos contextos históricos em que se produzia ciência, com base no estudo dos costumes da época, política, que actualmente nos parecem estranhos, mas plausíveis naquele momento.

2.3.4.2 Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

Os computadores podem informar os alunos, mas apenas os professores são capazes de os formar
Cury

A integração em contexto escolar das Tecnologias de Informatização e Comunicação (TIC) é uma exigência imposta pela actual sociedade de informação.

Segundo muitos educadores, só é possível construir um currículo construtivista e investigatório se este integrar as TIC, dado ser um recurso didáctico que apresenta reconhecidas potencialidades (Cachapuz *et al*., 2002). Nesse sentido, as TIC, devem estar harmoniosamente integradas com as restantes componentes deste currículo, com o objectivo de apoiar uma disciplina ou conteúdo e não serem usadas apenas como um recurso periférico. Assim, devem estar inseridas numa vasta estratégia educativa, os professores devem possuir uma formação consistente nesta área, estarem actualizados, planear cuidadosamente as aulas com base numa estratégia centrada no aluno e utilizar as TIC regularmente (Almeida, 2004).

A Internet é um recurso privilegiado na aquisição e actualização da informação, na promoção da autonomia, possibilitando trocar informações (através de *e-mail*, *chat-rooms*, *newsgroups*…) e ideias, partilhar experiências e trabalhos, quer na fase de realização quer depois na sua comunicação, realizar debates em tempo real, interagindo com alunos de outras escolas e países (Cachapuz *et al*., 2002).

Como escreve Bettencourt (1997) "…*o micromundo da sala de aula alarga-se e rompe fronteiras*". Segundo o mesmo autor, apresentam-se três grupos de razões que justificam a implementação da *Internet* em contexto educativo, a saber:

Razões de ordem epistemológica

- O facto da Internet se basear no conceito de hipertexto com diversos caminhos a percorrer, permite o aluno escolher aquele que mais se adequa ao seu raciocínio para obter a resposta à questão que se pretende.
- Vai ao encontro da forma como as pessoas processam a informação, elaboram as ideias e resolvem os problemas.

Razões de ordem pedagógica

- Os professores e alunos ao utilizarem a Internet, podem tornar o processo de ensino/aprendizagem mais interactivo e pessoal.
- A pesquisa na WWW (*World Wide Web*) e a criação de páginas HTML (acrónimo para a expressão inglesa *HyperText Markup Language*, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto) poderão desenvolver as capacidades de organização e estruturação do pensamento, comunicação, escrita, pesquisa, pensamento crítico e a expressão artística. Além disso, fomenta nos alunos um maior sentido de responsabilidade, na medida em que publicar para a WWW significa publicar para o mundo, exigindo aos alunos uma análise cuidada do que é criado;
- A quantidade e qualidade da informação disponíveis na Internet e a possibilidade de encontrar informações sempre actualizadas são pontos importantes para o processo de ensino/aprendizagem;
- O professor deverá ajudar o aluno a procurar e seleccionar a informação relevante do vasto leque de informação que está disponível na Internet, afim de ele não se perder num " *emaranhado*" de informações;
- O professor na preparação das suas aulas recorre à Internet. Recolhe textos informativos, relato de pesquisas, imagens, relatos de cientistas, a fim de tornar as suas aulas mais actualizadas e estimulantes. A Internet é, também, um excelente meio para trocar experiências com outros professores.

Razões de ordem sociológica

- A Internet é fundamental por promover a apreenderem ao longo da vida.

Apresentadas e fundamentadas vantagens do uso da Internet em contesto educativo, há que fazer algumas advertências, nomeadamente:

- o fácil acesso a "*sites*" sobre temáticas não recomendáveis para a idade dos alunos sugere atenção acerca do controlo da informação disponível;

- as múltiplas fontes de informação sendo muitas das vezes excessivas, levam a que os alunos se percam num emaranhado de caminhos;

- recorrer à Internet para o mero exercício de "*copiar/colar*" é contrariada pela definição prévia de temas, fontes e tarefas específicas.

A *WebQuest*, é instrumento que permite minimizar algumas das limitações apresentadas do uso da Internet em contexto educativo, que se encaixa perfeitamente nas estratégias construtivistas e investigavas.

O conceito de *WebQuest* surgiu em 1995 pela mão de Bernie Dodge, professor da Universidade de S. Diego, nos EUA, no contexto de um conjunto de actividades decorrentes de um projecto educacional com base na Internet. Dodge (1995) definiu a *WebQuest* como uma actividade de pesquisa orientada, em que toda ou a maior parte da informação com que os alunos interagem provém de recursos na Internet, opcionalmente enriquecidos pela videoconferência. O método introduzido por Dodge constitui uma nova forma de encarar o processo educacional. Além de estimular o pensamento crítico e a pesquisa, faz apelo à criatividade, favorecendo um ambiente em que o professor apenas ocupa a posição de mediador de um processo, deixando aos alunos liberdade de acção para que criem eles próprios, autonomamente, formas de abordagem e de estruturação dos conhecimentos.

À medida que *software* e o hardware se tornam mais sofisticados, as simulações estão a tornar-se mais realistas com muito mais opções para o utilizador controlar a dinâmica dos fenómenos representados no monitor do computador. Segundo Mason e Davis (1991), os bons programas de modelação permitem "*simular situações que envolvem fenómenos aleatórios, incerteza e impressibilidade*" isto é, simular mundos virtuais inacessíveis aos nossos sentidos no dia-a-dia. Salvaguardadas as devidas limitações e descritas as diferenças com o real, tornam possível representar os sistemas e a sua evolução, diminuindo a abstracção necessária para a sua compreensão. Este recurso ainda permite economizar tempo gasto em algoritmos, por vezes complexos possibilitando dedicar mais tempo à reflexão e confrontação dos modelos mentais com os

modelos físicos/químicos. Na actividade laboratorial os programas de modelação são relevantes na medida que facilitam a actividade de *minds on* a par com a actividade experimental normal de *hands on* (Valadares, 2007). Kahn (1991) considerou que "*as simulações são ciência válida*" e com elas é possível obter respostas no estudo das ciências experimentais. Estas permitem manipular experiências de diversos tipos, como por exemplo, experiências difíceis, morosas e até perigosas de serem reproduzidas na sala de aula. O aluno pode testar as suas hipóteses sobre os problemas que surgem no ambiente simulado, manipular variáveis e verificar como o comportamento do modelo se altera numa variedade de situações e condições, possibilitando os alunos reflectirem e tomar novas opções no sentido de procurar uma resposta adequada para o problema em questão. Alerta-se que não faz sentido simular um processo que pode ser facilmente observado, pelo que as simulações não devem substituir o contacto directo com os fenómenos naturais nem o trabalho experimental.

Mason e Davis (1991) alertam para o cuidado a ter na selecção do suporte computacional. Este deve estar de acordo à proposta pedagógica a implementar, requer alguma familiaridade do utilizador com a referida ferramenta, a fim de se obter bons resultados.

Ao professor cabe ajudar o aluno a fazer a transição entre a simulação e o fenómeno do mundo real, para que o aluno não fique com uma visão "distorcida" do mundo como por exemplo pensar que o mundo real pode ser simplificado e controlado da mesma forma que os programas de simulação.

A videoconferência, a televisão interactiva e o vídeo on-demand, potenciaram a utilização do vídeo em educação.

Apesar do optimismo associado ao uso das TIC há que considerar aspectos menos positivos se o seu uso for excessivo.

O excesso de informação, de estímulos visuais e sonoros ao actuarem na mente, aumentam a velocidade de construção dos pensamentos e das emoções, conduzindo-os a uma hiperactividade funcional não genética, designada pelo Sindroma do Pensamento Acelerado (SPA). A mente humana não funciona como os computadores que se grava apenas o que desejamos, pois o fenómeno RAM (Registo Automático da Memória) é involuntário. Não é possível apagar os

arquivos da memória, dado que não se conhecem meios para tal e nem se quer se sabem em que locais estão localizados no córtex cerebral (local do cérebro onde as experiências são registadas). Podemos comparar a mente a um computador que não para de operar. O SPA constitui uma das causas do comportamento frenético que a zap generation apresenta, que os caracteriza, é muitas vezes causa de conflitos na escola, onde são muitas vezes acusados de desinteressados, distraídos, de não acatarem ordens. Estes comportamentos são em traços gerais o resultado de dois grandes sintomas do SPA: a diminuição da concentração e um aumento da ansiedade.

A ansiedade do SPA gera uma compulsão por novos estímulos, numa tentativa de aliviar a ansiedade. Embora menos intenso, o princípio é o mesmo que ocorre na dependência psicológica das drogas. Os dependentes de drogas usam sempre novas doses para tentar aliviar a ansiedade gerada pela dependência. Quanto mais usam mais dependentes ficam. Os portadores de SPA adquirem uma dependência de novos estímulos. Eles agitam-se na cadeira, tem conversas paralelas, não se concentram, metem-se com os colegas. Estes comportamentos são tentativas de aliviar a ansiedade gerada pelo SPA. Além de ansiosos, possuem uma emoção flutuante: num determinado momento estão alegres, noutros explosivos e detestam a rotina. É comum ouvir os nossos jovens afirmar: “não há nada para fazer nesta casa”.

Segundo Cury (2004), nas aulas os professores são chatos, as aulas são insuportáveis, o toque para a saída é uma maravilha. A agitação dos pensamentos e a ansiedade são tão intensas que os jovens não extraem experiências dos seus erros e sofrimento. A troca do cenário do palco das suas mentes é tão rápida que eles não elaboram as experiências, não reflectem sobre as novas atitudes e não crescem em face das dificuldades. Permanecem imaturos mesmo quando chegam à idade adulta.

Face a este cenário urge repensar a educação face à nossa actual sociedade onde os jovens estão inseridos de forma a munir-lhes de “*ferramentas*” capazes de se libertarem dessas amarras que a sociedade lhes impôs.

Um dos aspectos em que as TIC podem desempenhar papel relevante é ao serviço dos doentes em hospitais e em casa permitindo-lhes ter acesso por via

de vídeo-conferência às aulas, e-learning, e comunicar on-line com os seus pareceres. Infelizmente esta não é ainda uma prática no nosso país.

Não podemos esquecer a pertinência das TIC ao serviço dos deficientes, que infelizmente ainda são muito esquecidos na nossa sociedade que se diz tolerante quanto às diferenças.

Urge (re)pensar o papel da escola, do professor e do aluno face às TIC, uma vez que estas representam um grande desafio de inovação pedagógica e tecnológica e constituem um meio privilegiado de promover o processo de ensino/aprendizagem.

2.3.4.3 Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS)

Pela primeira vez, o homem compreendeu realmente que é um habitante do planeta, e talvez deva pensar ou agir sob um novo aspecto, não só sob o aspecto de indivíduo, de família ou de género, de Estado ou de grupo de Estados, mas também sob o aspecto planetário

Vernadski

Foi no Paleolítico inferior que pela primeira vez, o homem utilizou técnicas rudimentares de forma a obter por exemplo seixos afeiçoados e pedras talhadas, com fim utilitário, "inaugurando no nosso planeta a capacidade de inovar". Mais tarde, no Neolítico surgem técnicas mais complexas como a pesca, a caça, a agricultura, a habitação. Só muito mais tarde com o aparecimento das técnicas da escrita estabelece-se o marco da passagem da Pré-história à História.

Decorridos muitos milénios de civilização técnica, no Século VI a.C., na Grécia, surge a Ciência, tornada possível por mérito da razão helénica, sistematizando-se o saber. O pragmatismo dá lugar à Sabedoria, apresentando-se o saber unificado. É o reino de uma mentalidade próxima da humanista.

A partir do Renascimento, dá-se um desenvolvimento vertiginoso das ciências e a sua diferenciação em várias especialidades. A ciência foi criando as suas leis, fórmulas, terminologia, metodologia, que se foram tornando cada vez mais complexas e especializadas à medida que novas experiências abriam caminhos sempre mais esotéricos: devido ao hermetismo da sua linguagem extremamente técnica, a ciência tornou-se ininteligível ao público comum, mesmo culto que não tivesse tido alguma formação científica. Boa parte da sociedade, mesmo culta, deixou de acompanhar os progressos científicos, que passaram a

ser conduzidos somente por uma aristocracia científica, fechada sobre si própria, com total liberdade de produzir investigações. Assim se compreende como se foi estabelecendo um "certo divórcio entre cultura e ciência ou cultura e técnica".

Só muito mais tarde Ciência e Técnica estabelecem uma estreita interligação. Falamos agora em tecnociência, termo que designa a "investigação científica contemporânea, em que a técnica constitui o princípio motor". Assim**,** o conhecimento da verdade, o objectivo da ciência, dá lugar à operacionalidade, objectivo último da tecnociência. A ciência contemporânea (e já presumivelmente a ciência moderna de Galileu e de Francis Bacon) é tecnociência associando indissoluvelmente as actividades teóricas e técnicas, acentuando mesmo a posição operativa da teoria. O objectivo da ciência, que era o conhecimento da verdade, é substituído pelo objectivo da tecnociência que é a operacionalidade. As ciências da natureza dão lugar às ciências do artificial. E a desmistificação científica dá lugar à remitificação técnica (Archer, 2007).

No Século XIX com a racionalidade e a industrialização, a tecnociência é vista como sinonimo de progresso. Contudo, com as duas guerras mundiais, a tão aceite concepção exultante de Ciência e Tecnologia, com a finalidade de facilitar o homem explorar a natureza para o seu bem-estar começou a ser questionada por muitos, na medida em que a técnica, em vez de sujeita ao serviço da ciência e do homem, se lhes impõe.

Em meados do Século XX o grande público face às facetas da tecnociência, apresenta um sentimento ambivalente de sedução e de pânico, tomando consciência da necessidade de conhecer melhor e acompanhar mais de perto os progressos científicos e tecnológicos e as politicas relativas à tecnociência.

A tecnociência "*endeusada*" como absoluta, referência e explicação última de todos os problemas humanos, mesmos dos mais profundos e íntimos, tomou consciência, das suas limitações, possibilidades e efeitos secundários imprevistos. A euforia pan-tecnológica (o tecnicamente é possível virá sempre a ser realizado e que tudo acabará um dia por ser viável para a técnica) hoje está enfraquecida. Ciência e a Tecnologia aliam-se a outras áreas do saber com intuito de se aproximarem ao humano.

No sentido de se articular finalidades com resultados e consequências que advêm da actividade da tecnociência, torna-se necessário reflexão ética, já que por definição, esta envolve sempre o estudo e o juízo sobre a conduta humana, ou seja de quem faz a Ciência e para quem ela se faz. Neste contexto, a ética assume-se como o elo inovador, capaz de articular a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Assim surge de novo o interesse pelo diálogo entre ciência e ética.

Existe actualmente uma crise de diálogo entre tecnociência e ética. Temos de optar por fazer do Século XXI um tempo de renovação. Aproveitando a oportunidade que esta crise comporta, podemos dar asas à criatividade, à inovação e à inspiração que fazem parte da nossa condição humana (vulnerabilidade, ganância e mesquinhes). A escolha é nossa.

O público sendo muito mais receptivo a controvérsias e dilemas éticos do que a frias exposições científicas exige ser devidamente esclarecido tanto por parte instituições científicas relativamente ao conhecimento correcto e constantemente actualizado dos progressos científicos e tecnológicos e dos limites técnicos da ciência (o que nem sempre é fácil, dada a forma, por vezes sensacionalista) como à forma como o poder político utiliza a tecnociência.

A democratização das ciências desenvolve-se no sentido de tornar acessível ao povo, um determinado poder. Esta abertura implica um nível de educação das populações suficientemente elevado para que elas possam participar na discussão dos problemas. Cabe à escola a responsabilidade de habilitar os cidadãos de dialogarem de uma forma consciente, persistente, transdisciplinar, pluralista e aberta, uma vez que a democracia segundo Morin (1999) supõe e alimenta a diversidade dos interesses, assim como a diversidade das ideias e de opiniões que lhe conferem vitalidade e produtividade.

De acordo com o livro branco "*Ensinar e Aprender – para uma sociedade cognitiva*" da Comissão Europeia (1995), para o exercício da cidadania numa sociedade europeia, aberta, pluricultural e democrática é importante sublinhar o papel de uma cultura científica suficiente (não redutível à cultura matemática) para o bom exercício da democracia. As nossas democracias funcionam segundo regras de decisão maioritária sobre os grandes problemas que, devido à sua complexidade, exigem cada vez mais cultura. São nomeadamente os problemas

ambientais ou problemas éticos que não poderão ser vantajosamente ultrapassados se não formarmos jovens dotados de sentido científico. Não se trata de naturalmente transformar cada cidadão num perito científico mas de lhe permitir desempenhar um papel esclarecido (por exemplo por consumidor) e de compreender o sentido geral e as implicações sociais dos debates entre os peritos.

Chassot (2000) enfatiza a relevância da escola formar cidadãos cientificamente cultos. Ser cientificamente culto é segundo Hodson (1998) um conceito multidimensional na medida em que visa desenvolver uma educação segundo três vertentes a saber:

- "Aprender Ciência" – refere-se à dimensão conceptual do currículo, o conhecimento em si (conceitos, leis, princípios, teorias);
- "Aprender Sobre a Ciência" – tem como objecto de estudo a natureza da própria ciência, ou seja aspectos metacientíficos. Esta dimensão questiona o estatuto e os propósitos do conhecimento científico, a compreensão da natureza e métodos da ciência, evolução e história do seu desenvolvimento bem como uma atitude de abertura e interesse pelas relações complexas entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade;
- "Aprender a fazer Ciência" – refere-se ao desenvolvimento de competências para o desenvolvimento de "percursos de pesquisa e de resolução de problemas".

A crescente evolução e utilização da tecnociência provocou profundas mudanças no meio ambiente e nas relações e modos de vida da população, colocando os indivíduos diante de novos desafios, que exigem romper o "antropocentrismo" concebendo a Humanidade como comunidade planetária, no sentido de reconhecer "a sua inclusão indissociável na Biosfera" (Morin, 1999). Passa-se de uma visão redutora do homem concebido separado do ambiente com a função de explorá-lo (concepção associada à Ciência Moderna) para uma visão mais ampla, que o considera como sujeito integrado ao meio ambiente e ciente da necessidade da sua conservação. Esta visão requer uma atenção sobre a complexidade existente na integração do homem com o seu ambiente e sobre a

forma como a tecnociência possibilitou auxiliar/ facilitar essa integração de uma forma significativa.

Assim, preconiza-se um currículo que desenvolva actividades didáctico – pedagógicas segundo perspectivas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), direccionadas para uma alfabetização científica – tecnológica em que são abordadas as implicações do conhecimento científico e tecnológico na sociedade e no ambiente, estando deste modo presente as questões éticas.

O CTS é um movimento para o Ensino das Ciências que se perfilha numa filosofia que aposta num Ensino das Ciências com base em grandes temas em torno de problemáticas reais e actuais em que os conceitos, leis e teorias científicas são apresentados ao aluno dada a sua capacidade para o desenvolvimento de uma explicação/ interpretação relativamente a uma dada situação, tendo em consideração o nível de ensino. Assim o ensino de conceitos, leis e teorias por si só, deixam de ter significado, embora não deixe de ter o seu valor intrínseco (Martins e Veiga, 1999).

Segundo a perspectiva CTS a lógica estritamente disciplinar é ultrapassada uma vez que a diversidade de dimensões a explorar contidas nos problemas reais, exigem uma multiplicidade de abordagens com o recurso à intervenção de domínios variados e complementares, vindos dos vários campos do saber. Cada um traduz uma vertente particular da Ciência no seu contexto social. Das várias abordagens destacamos:

- a *transdisciplinar* - procura-se articular adequadamente as ciências entre si e com outros domínios do saber, ou seja, apresentar o conhecimento como uma unidade concepção holística da Ciência;

- a *histórica* - mostrando como a Ciência e a Tecnologia evoluíram com a Sociedade;

- a *social* - relevando como a Ciência e a Tecnologia evoluíram com a Sociedade;

- a *epistemológica* - discutindo a natureza do próprio conhecimento cientifico, os seus limites e a validação dos seus enunciados;

- a *problemática* - escolhendo grandes temas problema da actualidade como contextos de relevância para o desenvolvimento e aprofundamento de conceitos.

Desta forma é possível obter-se uma compreensão mais alargada e mais global dos problemas que a sociedade apresenta e consequentemente torna possível uma maior capacidade de responder adequadamente.

A orientação curricular CTS assume um carácter mais humanista, mais global, capaz de preparar os alunos para a compreensão do mundo e para as inter-relações do Conhecimento Cientifico e Tecnológico na Sociedade. A afirmação das identidades constrói-se pela alacridade (relação do eu/tu) onde a individualidade e especificidade são os alicerces da ecologia humana.

2.3.4.4 Questões problema

"Ao longo da História, todos os grandes pensadores foram aqueles que demonstraram a capacidade de elaborar várias questões"

Durant

Apesar da incontestável importância, sublinhada por organismos de reconhecido mérito científico, por vários investigadores e reconhecida por parte dos principais agentes de ensino, os professores, a implementação de uma metodologia de resolução de problemas no processo de ensino/aprendizagem, tem sido uma estratégia pouco utilizada, pelos professores, pelo facto de estes sentirem dificuldades na sua implementação (Lester e Schroeder, 1989).

Lopes (2004) apresenta duas questões epistemológicas de fundo sobre as questões problemas relativamente ao ensino/aprendizagem a saber:

1- Qual o seu papel?

2- De que forma são relevantes e pertinentes?

Noção de problema

De acordo com Zohar *et al*. (1994) e Jiménez (2005), actualmente, entende-se a aprendizagem como uma atitude de interrogação e pensamento activo sendo abordado o conhecimento científico e tecnológico com base em questões problemas emanadas de contextos reais próximos dos alunos.

Os problemas nascidos do contexto real constituem um meio privilegiado de aprendizagem, pois é neste contexto que a situação de aprendizagem surge e que se torna possível a relação entre as diferentes informações e, também, se criam as condições para a estruturação e organização de novos conhecimentos (Simth, 1992).

Os contextos reais fomentam a curiosidade natural dos alunos motivando-os mais na procura de informação necessária à sua resolução dos problemas e permitem-lhes ver a aplicabilidade dos conhecimentos que se traduz numa aprendizagem de elevado nível de relevância e por isso mesmo mais efectiva (Brincones, 1999).

Infelizmente, durante muito tempo a aprendizagem dos conceitos realizou-se separada da realidade em que estes se aplicam, tornando o conhecimento inactivo, meramente académico, dificultando possibilidade dos alunos transferirem aquilo que apreenderam na escola para a interpretação de situações reais (Duch, 1996) e baseou-se na pedagogia da teoria de cuba, sobrecarregando as crianças com respostas, sem que elas tenham formulado questões e desconsiderando as perguntas por elas colocadas (Popper e Lorenz, 1990).

Baptista (in Feynman, 1988) refere *"…é singularmente grave um desajustamento existencial entre o quotidiano e a nossa percepção dele, o que nos torna estrangeiros do nosso tempo, alienados do mundo a que pertencemos na época em que habitamos".*

A noção de resolução de problemas é encarada segundo diferentes ângulos consoante a perspectiva de cada autor, ou seja, como objectivo ou produto de aprendizagem; como método ou forma complexa de aprendizagem**;** ou como sinónimo do pensamento [ver por exemplo, Aylesworth (1965) e Gagné (1985)].

Não obstante o carácter subjectivo, temporal e contextual do conceito de problema, urge precisar o seu significado, já que uma deficiente interpretação do seu significado pode, inclusivamente, perverter todo o processo de ensino/aprendizagem.

Assim, a noção problemática tem sido analisada por diversos autores cujos entendimentos suscitam a mesma linha de base.

Segundo Palhares (1997) *"…um problema é um conjunto de informações sobre uma situação inicial e sobre uma situação final que é requerida, ou sobre a transformação que é requerida; existe um obstáculo que impede uma classe de indivíduos de obter a transformação requerida sem requerer a algum tipo de raciocínio para que obtenha a solução pelos seus próprios meios (ou uma solução, ou a certeza que não há solução); a classe de indivíduos para os quais existe um obstáculo terá de aplicar…procedimentos…; finalmente não pode existir indicação precisa de qual o procedimento a utilizar"*.

De acordo com Mayer (1988), uma das características fundamentais na resolução de problemas é a necessidade de utilização de algum tipo de raciocínio dedutivo, indutivo ou por analogia, que permita ao resolvedor transpor o obstáculo identificado.

Para Lopes (2004) um verdadeiro problema deve contemplar, designadamente, os seguintes pontos: não se saber *a priori* se tem solução; qual a abordagem que permita a sua resolução; qual a relevância da informação e não estar subjacente um modelo de situação física apropriado à questão.

Na mesma linha de pensamento, Duncker (1972) identifica uma questão problema *"com toda a situação em que um indivíduo formula um objectivo – na sequência de uma perplexidade, confusão ou dúvida que quer ver resolvidas – mas não sabe, à partida, como alcançar este objectivo, vendo-se impossibilitado de ir da situação dada à situação desejada por simples acção*". Esta acção, por realização de operações óbvias, imediatas e praticamente automáticas terá de recorrer ou desencadear o pensamento que visa conceber alguma acção estratégia, capaz de servir de ponte entre as duas situações – os dois estados de pensamento – relativamente aos quais se verifica a discrepância (Neto, 1998).

Pizzini *et al*. (1989) indicam que essa discrepância é denominada, desequilíbrio por "conflito de dissonância cognitiva" sendo, por conseguinte, um mecanismo motivador para levar o aluno a resolver o problema.

Das noções *supra* referenciadas pode concluir-se que uma das características essenciais e que constitui o principal critério, na definição de problema, é o facto do resolvedor (elemento individual ou colectivo), não conhecer, *a priori*, os procedimentos exactos a aplicar na resolução do problema.

Saliente-se ainda que, a existência de dificuldades na resolução de problemas não é uma característica inerente à situação externa objectiva. Na verdade, um enunciado poderá constituir problema para um resolvedor sendo certo que para outro, a mesma questão, poderá não representar qualquer problema, dependendo esta representação do grau de conhecimento, da experiência, previamente adquirida, e dos demais factores com este relacionados, não podendo jamais esquecer-se a posição do resolvente e a interacção concreta deste com a situação em análise (Garret, 1987). Por conseguinte, só o conhecimento mais ou menos aprofundado do resolvedor a quem se aplica a tarefa, bem como as suas dificuldades e capacidades permitirão decidir, com maior grau de certeza, se a tarefa será passível de constituir efectivamente problema ou não (Lopes, 1994). Neste sentido**,** Brincones (1999) realça que uma das dificuldades detectadas nos seus estudos é que um problema para um professor, não é considerado problema para a maioria dos alunos e, tal como afirma, "o primeiro passo para enfrentar um problema é o reconhecimento da existência de um problema".

Embora na literatura se verifiquem diferentes propostas, com características diferenciadas, relativas à noção de problema, desenvolvidas em função do contexto, designadamente no que respeita à área curricular, ao tema de estudo, ao grau de ensino, entre outras questões que eventualmente venham a ser colocadas e que delimitarão o âmbito de exploração dos problemas, Lopes (1994) consegue distinguir três atributos correspondentes às noções de: obstáculo, relevância e vontade. Estes atributos são desenvolvidos nos seguintes termos:

- Obstáculo – traduz-se na situação que carece de ser resolvida, com recurso a algo mais que a mera aplicação de um algoritmo ou de um esforço de memória. Assim, os problemas autênticos confrontam o indivíduo com uma dificuldade, que não implica apenas pensamento meramente reprodutivo, mas antes, um pensamento autêntico e produtivo, capaz de gerar novas soluções (Wertheimer, 1968);
- Relevância – traduz-se numa das maiores vantagens da aprendizagem, baseada na resolução de problemas que resultam da exploração de situações

reais que façam sentido para os alunos e que lhes sejam familiares. Os contextos reais são particularmente pedagógicos e amplamente capazes de despertar a curiosidade natural dos alunos motivando-os, de forma mais aguerrida e determinada, para a procura de informação necessária à resolução dos problemas, isto é, fomentando o desenvolvimento pessoal e que lhes permita ver a aplicabilidade prática das descobertas e dos conhecimentos obtidos dando, assim, mais sentido aos conhecimentos assimilados, o que se traduzirá numa aprendizagem mais significativa por oposição à memorização, relevante e efectiva (Towle, 1994; Brincones, 1999; Lambos, 2004);

- Vontade – decorre do conflito de dissonância cognitiva, que ocorre no processo de resolução de problemas. O resolvedor sente motivação em procurar a solução. Além disso, os problemas emanados do contexto real ao impelirem os alunos para a investigação fá-lo-ão ter uma atitude mais activa e dinâmica na procura e na selecção de informação necessária à sua resolução. Flavell (1987) considera a motivação como "a mola propulsora de qualquer comportamento activo e deliberado.

De acordo com o filósofo Durant (1996), ao longo da História, todos os grandes pensadores foram aqueles que demonstraram a capacidade de elaborar várias questões. A dúvida foi identificada como o princípio da sabedoria, na medida que gera inquietação, *stress* positivo, criando desafios que motivam e estimulam os alunos, no sentido de superar obstáculos que permitam a obtenção de respostas, de uma forma mais intensa e sentida, isto é com emoção (Cury, 2007).

As emoções têm vindo a ser interpretadas de forma autónoma e independente da razão. Piaget e Inhelder (1993) defendem repetitivamente que existe uma "*unidade da conduta*", ao se considerar ambos os aspectos, afectivo e cognitivo, de forma inseparáveis e irredutíveis. Resulta por isso que, hoje, a cognoscibilidade e a afectividade são concebidas mesma unidade funcional (Resnick, 1989). Neste sentido destaca-se, deste já, a posição de Damásio (1994; 2003) ao apresentar evidências por demais convincentes a propósito de se considerar as emoções essenciais à tomada de decisões racionais, posição esta

que nos leva igualmente a concluir que não se pode julgar se não se é capaz de sentir.

Já no início do Século XX, o pedagogo Kilpatrick, defendia que o pensamento, o sentimento e a acção actuam em conjunto.

No entanto, as questões formuladas podem eventualmente não ser coerentes ou estar bem estruturadas, mas assumem toda legitimidade. A função da arte da formulação das perguntas não é, inicialmente, obter respostas, pois nem todas são pertinentes e úteis para se avançar no conhecimento ou na compreensão do que se está a estudar (Lopes, 2004). Justifica-se no entanto, a elaboração de múltiplas perguntas, "*multifocais*" sobre os fenómenos, as suas micro e macrorrelações, mas também fazer perguntas sobre as próprias perguntas, sobre as suas dimensões, os seus limites e o seu alcance uma vez que, estas permitem expandir a dúvida, dando lugar ao caos intelectual. É este que permite "*descontaminar*" os nossos referenciais possibilitando reorientar e redireccionar o processo de observação, interpretação e produção de conhecimento. Caso não ocorresse o caos psicodinâmico, nos nossos pensamentos e emoções, a mente sofreria um congestionamento intelectual paralisante, com consequências dramáticas, pois não seríamos seres criativos ricos que pensam e se emocionam continuamente. Assim, quanto mais dúvidas e confusão intelectual houver, mais profunda poderá ser a resposta, mais rica será a produção do conhecimento (Cury, 2007).

Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas – ABRP

A resolução de questões problema, em contexto escolar, surgiu por volta de meados dos anos setenta, com o professor Howard Barrows, da Universidade de Medicina de MacMaster (Canadá). Ele verificou que os alunos de medicina, apesar de memorizarem uma grande quantidade de informação médica básica e revelarem um bom desempenho nos testes, apresentavam dificuldades em aplicar os conhecimentos adquiridos a situações reais, no tratamento de pacientes. De igual modo verificou que os métodos de ensino tradicionais, usados na Universidade, eram demasiado centrados no professor, tendo-se transformado em métodos ultrapassados e ineficazes para, hoje, preparar os estudantes

daquela área, atento ao facto de, constantemente surgirem novos conhecimentos, novas tecnologias e meios de informação, que tornavam desactualizadas as tradicionais práticas médicas (Barrows e Tamblyn, 1980).

Para solucionar o quadro apresentado, a Universidade de MacMaster, introduziu uma nova metodologia de "ensino" que tem sido designada em língua inglesa por "*Problem–Based–Learning*" (Woods, 2000) e que recebeu em Portugal a designação de Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas com o acrónimo ABPR (Leite e Afonso, 2001).

O ABRP não pretendia somente ser apenas metodologia específica do "ensino", pretendia igualmente ser uma medida impulsionadora para a introdução de um sistema de ensino mais dinâmico e centrado na perspectiva do aluno.

ABRP como promotora de uma abordagem CTS

É fundamental que cada problema seja convertido numa actividade de pesquisa em que os estudantes se envolvam de modo a poderem aprender significativamente com ela. Neste sentido, a aprendizagem é fruto de atitudes investigatórias e construtivistas, envolvendo os alunos na construção activa, sólida e estruturada de conhecimentos e, consequentemente, tornando-os mais úteis e adequados à realidade do dia-a-dia.

Deste modo, se compreende que os conteúdos do ensino são colocados ao serviço da Educação da Ciência e não meramente da Instrução, contribuindo para o desenvolvimento pessoal, social e exercício de uma cidadania democrática esclarecida, informada e crítica.

Este método de ensino baseado na resolução de problemas considera que as experiências e vivências reais dos alunos deveriam ser transportas para a sala de aula, desenvolvendo-se toda a aprendizagem em torno dessas mesmas problemáticas (Deslie, 2000).

Assim, as situações problemáticas apresentadas nas aulas de ciências não são os tradicionais conteúdos académicos de *per si*, mas situações reais, concretas, próximas dos alunos, que apesar de complexas exigem uma abordagem sistémica, tanto quanto possível de natureza interdisciplinar e mesmo transdisciplinar. Decorrente da abordagem sistémica das situações problemáticas

torna-se possível compreender os fenómenos na sua globalidade e na sua complexidade, reflectindo-se sobre os processos da Ciência e da Tecnologia e as suas inter-relações com a Sociedade e o Ambiente em que vivemos (Morin, 1999; Valadares, 2007), Nesse sentido, a resolução de problemas vai de encontro das tendências que nos últimos anos se tem vindo a desenhar, relativamente à implementação de currículos e programas de ciências com base numa abordagem o Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e apresenta-se como uma proposta de trabalho de acordo com as recomendações de Kirkham (1989), que propõe um currículo que assegure um equilíbrio sinergético entre três vectores: os conteúdos, os processos e os contextos (individuais, tecnológicos, sociais e escolares).

ABRP e a actividade experimental

De acordo com Watts (1991), numa situação tradicional de sala de aula, a aprendizagem tende a seguir uma ordem cronológica, com conceitos a ser introduzidos numa primeira fase, seguidos de um problema ou exercício com vista a aplicar e/ou aprofundar conhecimentos (ou seja, problem-solving). Pelo contrário, numa situação real, fora do contexto da sala de aula, em primeiro lugar os alunos são confrontados com o(s) problema(s) antes de começar a estudar um determinado tema ou assunto (Duch, 1996) e, ao resolverem o(s) problema(s) vão ter de apreender e descobrir, por si próprios, os conceitos necessários à sua resolução, tentando fazer a ligação entre a vida real e a sala de aula (Lambos, 2004). Em bom rigor, os alunos caminham do conhecido para o desconhecido, com o objectivo de compreenderem os princípios científicos que se encontram subjacentes ao problema e que são capazes de resolver esse mesmo problema. Segundo esta metodologia de ensino/aprendizagem a tónica é colocada nos processos gerados e utilizados pelos alunos.

Uma questão problema, deve ser, uma situação aberta, que pode ter mais do que uma solução, para a qual é necessário emitir hipóteses, recolher dados, e discutir hipóteses propostas à luz destes dados, caso seja necessário recorrer-se à experimentação para confirmar as hipóteses. Por fim, há que tirar conclusões, analisando os limites da validade destas e perceber se a solução(ões)

encontrada(s) levanta(m) outra(s) questão(ões). A solução não termina necessariamente o processo; cada solução pode abrir caminho para novos problemas. Pelo contrário, os problemas académicos típicos são em geral, problemas fechados que põe a tónica numa resposta única e exacta. (Neto, 1998).

Como mostra Lopes (2004), as hipóteses formuladas nas fases iniciais podem servir de guia para a procura de novas informações que, que por sua vez obtidas, devem ser confrontadas com as primeiras, acabando o conjunto de ser sintetizado de modo a obter-se uma representação mental que possibilita a interpretação ou a compreensão do problema. Mediante a nova informação podem ser formuladas novas hipóteses e justificada uma mudança de estratégia de recolha de dados. Por vezes é necessário, recorrer à experimentação para confirmar as hipóteses. Neste sentido, a realização do trabalho experimental assume-se como uma actividade de índole investigatório que permite aos alunos relacionaram teoria e prática e apreenderam teoria com a prática, desenvolvendo-se simultaneamente o conhecimento conceptual e processual.

Hodson (1994), Kirschner (1992) e Barberá e Valdês (1996) defendem que esta forma de tratar o trabalho experimental permite introduzir os alunos no método científico, onde a ciência pode ser descrita como uma actividade holística e não como uma sequência de uma série de regras que requerem comportamentos específicos em etapas específicas.

O tratamento conjunto da teoria, actividade experimental e resolução de problemas é algo essencial uma vez que estes aspectos não surgem separados na actividade científica. Assim, por esta via é possível proporcionar aos estudantes uma visão exacta e correcta do trabalho de investigação científico, familiarizando-os com este tipo de trabalho, com a natureza construtiva da ciência e com as relações destas com o mundo (Hodson, 1992; Gil Perez, *et al*., 1999).

Neste contexto, não faz sentido continuar a tratar distintamente a aprendizagem de conceitos, a resolução de problemas e o trabalho experimental. Esta separação no ensino/aprendizagem constitui um obstáculo para a renovação do Ensino das Ciências (Gil Pérez *et al*., 1999).

Cumpre ainda salientar, que sob este ponto de vista o trabalho experimental pode ser encarado ele próprio como uma questão – problema ou ser integrado no processo de resolução de uma questão problema (Lopes, 2004). É hoje amplamente reconhecido, por investigadores e educadores, que o trabalho experimental constitui uma mais-valia para a educação na área das ciências, vindo em defesa da sua utilização argumentos, cognitivos e afectivos, associados às capacidades/habilidades (Wellington, 2000). Também os actuais programas ministeriais enfatizam a sua implementação.

A investigação em didáctica sobre o trabalho experimental nas disciplinas de ciências e muito particular na disciplina de físico-química evidenciou a existência de dificuldades na implementação de actividades experimentais. As razões apontadas prendem-se sobretudo pelo desequilíbrio entre teoria e prática, tendo-se dado uma maior preponderância à teoria em detrimento da prática e, por não se promover a interligação entre a parte conceptual e a parte procedimental, estas são algumas das razões que têm justificado o insucesso e o repúdio, por parte de alguns alunos, no que diz respeito aprendizagem das ciências e em particular da física.

Face ao exposto, actualmente não é possível conceber mais metodologias em que "… o professor expõe a teoria (conceitos, leis, etc.) da melhor forma que sabe…" vindo de seguida na vertente "prática" o professor a apresentar "problemas tipo" de papel e lápis com o intuito destes ilustrarem "…a aplicação da teoria (servindo estes também para o professor verificar se os estudantes assimilaram a teoria leccionada) ou, às vezes no laboratório onde o aluno segue a "receita mágica" dada pelo professor e comprova a teoria correspondente" (Lopes, 1994; Neto, 1998).

Abordagem qualitativa "versus" quantitativa na ABRP

A metodologia de ensino referido no anterior parágrafo, na realidade não permite ensinar a resolver um problema. Os alunos não enfrentam situações hipotéticas e imaginárias, por estes desconhecidas, uma vez que a pretensão do professor é que o aluno veja claramente o caminho a seguir. Neste sentido um problema transforma-se num não problema. Por outro lado, os enunciados de

"problemas tipo" contêm todos os dados necessários para a sua resolução para que ao aluno lhe seja exigido apenas a composição do *puzzle*, isto é, que identifique as equações que relacionam os dados e as incógnitas do mesmo, situação esta que nos remete para um puro operativismo, que se alicerça numa concepção indutivista. Consequentemente os alunos podem aprender a dita solução e repeti-la em situações praticamente idênticas. Contudo, por não aprenderem a abordar um verdadeiro problema, qualquer pequena alteração significativa de dados, fórmulas e incógnitas provocam dificuldades insuperáveis, até ao seu abandono (Gil Pérez *et al*., 1999).

Este tipo de abordagem desvirtua a forma como devem ser abordados os problemas de física. Neto (1998) resume admitindo que se torna fácil ensinar física matematicamente, mas que é um logro aprendê-la desta maneira, comparando a resolução de problemas de física, sem a compreensão dos conceitos subjacentes "a um surdo que se ensinasse música ou a um cego a pintar.

Diversos estudos realizados, principalmente no âmbito da ciência cognitiva, evidenciaram, que o sucesso dos alunos na resolução de problemas de ciências e matemática exige, na verdade, uma dose substancial de pensamento qualitativo (Chi *et al*., 1981; Larkin *et al*., 1980a; Larkin *et al*., 1980b) elaboraram estudos em contexto universitário tentando estabelecer a relação entre os conhecimentos matemáticos e o aproveitamento na disciplina de física nos primeiros anos universitários. Embora se tivesse estabelecido uma correlação entre os conhecimentos matemáticos e os conhecimentos físicos, foi identificado o pensamento formal ou lógico como o factor mais relevante. Vários outros estudos apontaram também para correlações positivas entre o pensamento lógico - formal e medidas do rendimento em ciências (Lawson e Renner, 1975; Saarni, 1973). Um estudo desenvolvido por Gamble (1986) vem corroborar esta posição. Ele seleccionou o conceito de pressão e velocidade, formulando para cada um dos conceitos quatro questões, duas de natureza quantitativa e duas de natureza qualitativa (não se forneciam valores numéricos, nem se induzia nos alunos em estratégias quantitativas), tendo o cuidado de formular os enunciados de forma idêntica.

Analisando as respostas alcançadas verificou que:

• os alunos evidenciaram maior sucesso nas questões de natureza qualitativa;

• que o sucesso foi maior na resposta qualitativa referente ao conceito de velocidade do que da pressão.

A maior dificuldade de resposta relativamente ao conceito de pressão deveu-se a este ser conceptualmente mais complexo. Com base neste estudo conclui-se que "*a atenuação do simbolismo matemático não garante, só por si, a acessibilidade dos conceitos físicos, estes por inerência formais, abstractos e muitas vezes contra – indutivos, colocam sérios problemas de compreensão, mesmo se despojados da sua roupagem matemática*" (Neto, 1998).

Muitos têm sido os estudos realizados no âmbito da ciência cognitiva que evidenciaram um maior sucesso dos alunos na realização de problemas de ciências e de matemática que exigem um tratamento qualitativo (Chi *et al*., 1981). Aliás, Einstein afirma que nenhum cientista pensa com fórmulas. O físico, antes de começar a fazer cálculos, deve ter no cérebro o curso dos raciocínios. Estes últimos, na maior parte dos casos, podem ser expostos em palavras simples. Os cálculos e as fórmulas vêm depois (Neto, 1998).

Assim, na estratégia subjacente à resolução de problemas deve ser feita uma primeira abordagem qualitativa, que favorece a consolidação dos conceitos antes de passar à quantificação da situação em estudo, articulando-se progressivamente a linguagem física e matemática (Lopes e Costa, 1996).

Porém, foi graças à experimentação e matematização iniciadas com Galileu, contrariamente à física aristotélica medieval baseada na observação e essencialmente de índole qualitativa, que foi possível à física, tornar-se uma disciplina autónoma, estruturada com a precisão e o rigor que lhe conferiu o formalismo matemático, uma vez que ela não pode ser unicamente formulada com palavras (Neto, 1998).

Dimensões dos processos envolvidos na resolução de problemas

Dewey foi o primeiro autor a apresentar uma enumeração formal e sistematização na resolução de problemas, a aplicar no contexto medicina, *in* "*How We Think*", em 1910. Desde então que o seu modelo não tem sido significativamente alterado (Neto, 1998).

Em termos educacionais, o mérito foi atribuído a um investigador matemático, George Polya, por ter sido o primeiro a propor um modelo de resolução de problemas em 1945, num livro publicado com o título "*How To Solve It*".

O modelo de Polya apresenta quatro etapas principais, inter-relacionadas no processo de resolução de problemas, a saber:

- *Compreensão* – que se traduz na tentativa de compreender claramente o que é pedido no problema aos dados e às condições que com este se relacionam;

- *Planificação* – traduz-se na necessidade de encontrar ligação entre os dados e o desconhecido e conceber um plano de resolução;

- *Execução do plano* – com a execução do plano pretende-se encontrar a solução do problema;

- *Avaliação* – relativamente a esta etapa Polya insiste na necessidade de verificar a solução obtida à luz da sua pertinência, sugerindo que se estabeleça um paralelo com outros problemas, quer no que respeita ao resultado encontrado, quer no que concerne à estratégia utilizada O modelo proposto por Polya teve o mérito de orientar muitas investigações e servir de base para outras propostas. Uma das suas limitações prende-se com o facto de ser um modelo muito prescritivo (Lopes, 1994).

Para a resolução de um problema, existem diferentes abordagens que vão desde estratégias de tentativa/erro até às mais sistemáticas e selectas. Segundo a investigadora professora, estas estratégias podem ser consciencializadas e melhoradas por quem as utiliza.

Diversos autores apresentaram propostas de forma a conduzir o processo de resolução de problemas, todas elas muito similares. Genericamente podemos dizer que primeiro é necessário reconhecer que existe um problema a resolver, isto é, um obstáculo a superar num determinado contexto. Seguidamente há que

identificar o problema e entendê-lo, o que pressupõe interpretar o problema à luz do conhecimento e experiência. Deste modo, é possível destacar o essencial do acessório e esquematizar o problema. Num passo seguinte, torna-se necessário representar o problema em termos dos conceitos formais e princípios que permitem simplificar o problema às suas partes essenciais. Segue-se a representação do problema, ou seja, planear uma solução e prever resultados. Depois de planear e de prever, passa-se à execução para, finalmente, avaliar se a solução resolve o problema inicial e se esta levanta outras questões.

Por outro lado, Lopes (1994) sugere que o processo de resolução de problemas se desenvolva em cinco etapas, sendo que as três primeiras impliquem somente uma abordagem qualitativa, a saber:

1ª Etapa – Apresentação da situação dando tempo aos alunos para que a percepcionem e a construam mentalmente; Identificação e exploração dos diversos conceitos envolvidos na situação estabelecendo relações provisórias entre os conceitos e formulando hipóteses e tarefas;

2ª Etapa – Realização, por parte dos alunos, das actividades inerentes às tarefas definidas. Estas tarefas podem envolver a mediação de propriedades, a operacionalização de conceitos, planeamento e execução de experiências, explicitação e reformulação das ideias dos alunos, formulação de novas hipóteses, …

3ª Etapa – Desenvolvimento dos conceitos, explicitando as leis ou princípios em causa, resolução de problemas não quantitativos, reformulação das representações dos alunos sobre os conceitos; consolidação das aprendizagens efectuadas;

4ª Etapa – Construção de um novo contexto problemático a partir do qual se definem tarefas – problema e problemas que envolvam variáveis de maior complexidade; aplicação de procedimentos da segunda e da terceira etapas usando a linguagem quantitativa;

5ª Etapa – Construção de um contexto amplo integrado traços comuns de vários contextos referindo explicitamente, as leis e princípios que se devem usar na resolução dos problemas de forma geral. Nesta etapa resolvem-se problemas que envolvem as variáveis mais complexas, faz-se a reformulação das

representações dos alunos em confronto com as leis ou princípios identificados na situação e procede-se à síntese, reestruturação dos conceitos adquiridos e processos utilizados.

Por seu turno, West (1992) sugere que a resolução de problemas deve ser organizada em três fases:

1ª Etapa – Apresentação do problema; Identificação dos temas a explorar; definição dos objectivos de aprendizagem; explicitação das questões sugeridas dos temas;

2ª Etapa – Planificação do programa de trabalho; exploração das questões por parte dos alunos;

3ª Etapa – Apresentação e discussão dos resultados; síntese dos conhecimentos adquiridos; avaliação do processo.

Também Ruiz (1991) propõe que a resolução dos problemas se efectue em seis etapas:

1ª Etapa – Identificação do problema;

2ª Etapa – Representação do problema (compreender o que é necessário ultrapassar);

3ª Etapa – Planificação da solução (escolher um método para ultrapassar o problema);

4ª Etapa – Implementação do plano;

5ª Etapa – Avaliação da solução;

6ª Etapa – Consolidação das aprendizagens resultantes da resolução do problema.

Brincones (1999) organiza a metodologia de resolução de problemas em quatro passos:

1º Passo Construção da representação da situação;

2º Passo Busca da estratégia de resolução;

3º Passo Implementação da estratégia de resolução;

4º Passo Análise e verificação das soluções apresentadas.

Apesar de se depreender que há uma sequência lógica, em diversas fases, identificadas para a resolução de problemas, a investigação mostrou que a sequência temporal das várias etapas de resolução mobilizadas é errática. Assim,

tem pouco sentido falar em fases de resolução e adquire mais sentido falar em dimensões de resolução (Lopes, 2004). Neto (1998) resume que "*aprender a resolver questões problemas não equivale a apreender a ser mais lógico. Significa pensar segundo várias perspectivas e não apenas e sempre de forma linear e sequenciada. Significa tanto utilizar pensamento crítico como pensamento criativo*".

Para Huitt (1998) o pensamento crítico é considerado uma actividade mental bem organizada de avaliação de argumentos ou pressupostos, que permitem a elaboração de juízos, que guiam o desenvolvimento de crenças e acções. O pensamento crítico é uma actividade prática, reflexiva, que tem como objectivo decidir sobre o que se deve fazer ou o que se deve acreditar. Deste modo, parece consensual, a resolução de problemas assume uma importância pragmática, contribuindo para enfrentar situações do dia-a-dia de forma mais autónoma e reflexiva e, por isso, deve constituir um dos objectivos centrais da educação até porque, os seres humanos são por natureza solucionadores de problemas (Deslie, 2000).

A criatividade assenta, assim, na percepção de um significado novo, que resulta da aproximação de dois conceitos ou objectos, que em si mesmos podem ser radicalmente diferentes. Consideremos o exemplo de Arquimedes, que ao tentar saber se uma coroa real era realmente de ouro teve que analisar a massa e o volume da coroa, a fim de calcular a densidade e confrontar o valor obtido com a densidade do ouro para confirmar se a coroa era realmente constituída só por ouro. A dificuldade de Arquimedes consistiu na determinação do volume da coroa, dado que, esta tinha uma configuração irregular, o que impossibilitava a determinação do volume com base nas regras que a geometria grega dispunha. Por conseguinte, reza a lenda que, um certo dia, ocasionalmente, quando Arquimedes tomava banho, relacionou a subida do nível da água do banho com o volume do seu próprio corpo quando estava imerso na água. Foi a chave para conseguir determinar o volume de corpos com forma irregular e deste modo poder solucionar o problema da autenticidade da coroa. A percepção de um novo significado "desempenhou um papel decisivo que possibilitou relacionar ideias incomensuráveis dando origem à percepção de uma ideia radicalmente nova, que

ao diluir a rigidez do significado nas noções anteriores, criou novas condições para a constituição de um novo universo de sentido. Numa época em que o conhecimento, construtivo e destrutivo, avança a paços gigantescos (…) a adaptação autenticamente criadora parece representar a única possibilidade que o homem tem de se manter a nível das mutações caleidoscópicas do nosso mundo Rogers (1985).

Desempenho dos alunos na resolução das questões problema

Entende-se a resolução de problemas como um processo interactivo entre os alunos os contextos problemáticos e as tarefas inerentes à resolução do problema.

Os contextos problemáticos e os próprios problemas são o ponto de partida para a construção do conhecimento processual e procedimental, situação que conduz, durante a resolução do problema, à identificação de conceitos, desenvolvidos e confrontados com as concepções dos alunos. Esta estratégia pressupõe uma interacção constante entre o problema, o aluno e a necessidade que este sente de encontrar a solução para o seu problema (Lopes, 1994).

Através da resolução de problemas, os alunos compreendem como se realiza o processo de construção do conhecimento científico, como resultado de um trabalho sobre o mundo real, que não é linear e exige esforço e dedicação na sua resolução. Muitos alunos criam a convicção de que ao contrário deles próprios, os cientistas constroem a ciência praticamente sem esforço. Para este estado de espírito, muito contribui a forma linear e "económica" como a matéria lhes é explicada e, sobretudo, como lhes são também explicadas as soluções dos problemas. Essa linearidade e economia de processos e palavras levam os alunos à crença de que o problema que não se resolve à "primeira" é um problema "irresolúvel"; quaisquer esforços suplementares são, para eles, esforços em vão (Garrett, 1989).

Os dados dos relatórios PISA referem que os alunos tem dificuldade ao nível da compreensão, da relação entre variáveis, da associação de conceitos, da interferência, da análise de informação fornecida em diferentes formatos, revelam dificuldades em testar hipóteses, apresentam falhas na elaboração de conclusões

e juízos de valor, não são capazes de transferir conhecimentos adquiridos para resolver novas situações. Perante este quadro concluímos que os alunos têm dificuldades em construir raciocínios, em virtude de não saberem pensar por si acerca das situações concretas com que se deparam.

Neste sentido e visando colmatar estas mesmas dificuldades, não pode deixar de se referir a posição de Dewey relativamente às questões problema. Este autor entende as questões problema como o estímulo, o "*rastilho fundamental*" para a actividade da metacognição, destinados à resolução dos problemas quotidianos não se confinam a estratégias bem definidas e simples mecanismos intelectuais (Neto, 1998).

Brincones (1999) corrobora esta posição no sentido em que as estratégias utilizadas na resolução de problemas requerem a reestruturação e o raciocínio complexo, através do qual os alunos constroem o seu próprio conhecimento e constituem um instrumento de metacognição.

Rajendran (2002a) considera que a partir da resolução de questões - problema os alunos desenvolvem capacidades de pensamento de nível superior – "*higher – order thinking skills*" e define-as como aquelas que a mente executa perante um desafio: interpretação, análise, manipulação de informação no sentido de dar uma resposta ou resolver um problema que não pôde ser resolvido de uma forma directa, pela aplicação de uma rotina previamente adquirida.

A resolução de (autênticos) problemas (*problem solving*) – envolvem «transferência» de conhecimentos para situações com algo de novo. Esta capacidade de mobilizar o conhecimento está subjacente à noção de competência defendida por Perrenoud (1993) que entende que ter uma competência implica ser capaz de mobilizar um conhecimento adquirido e por isso não se pode dissociar do conhecimento.

Na metodologia baseada na resolução de problemas, Schmidt (1993) considera alguns aspectos relevantes dos quais se destaca: os conhecimentos prévios, a contextualização, o princípio da elaboração de conhecimentos e a motivação

Durante o processo de ABRP, os alunos reactivam os conhecimentos que já possuem para compreender e estruturar a informação nova que recebem:

"*current learning affected by past learning*". Assim, os conhecimentos prévios são determinantes para aferir da natureza da quantidade da nova informação que pode ser processada (Patel *et al*., 1989). Nesse sentido, o aluno que apresente um conjunto consistente de conhecimentos terá mais facilidade na aquisição de nova informação.

Os conhecimentos prévios deverão ser activados por estímulos que contextualizam a nova informação. Segundo Schmidt (1993) é no contexto que a situação de aprendizagem surge que aparece a relação entre as diferentes informações e cria as condições para a estruturação e organização de novos conhecimentos, pois o estudo alicerçado, fora do seu contexto e do seu conjunto, rejeita os laços e as intercomunicações com o seu meio, quebrando-se a sistemicidade (Morin, 1999). Como já foi referido, e ainda de acordo com Schmidt (1993), quanto mais próxima a situação da aprendizagem estiver de uma situação real, mais fácil será a aquisição e posterior aplicação dos conhecimentos e capacidades adquiridos. Também Lopes (2004) considera que a contextualização permite diminuir as dificuldades da resolução do problema, na medida em que, o aluno ao participar activamente na resolução do problema, terá de examinar e analisar possíveis soluções; desenvolver propostas e produzir um resultado final, isto é, terá de elaborar os conhecimentos mediante estratégias diferentes de abordagem dos conteúdos, de acordo com os respectivos estilos de aprendizagem. Todavia, a aprendizagem é facilitada se houver oportunidade de discussão, de formular perguntas e propor respostas, de trabalho com pares, de crítica e de reflexão sobre os raciocínios elaborados (princípio da elaboração de conhecimentos).

Se do ponto vista cognitivo é necessário considerar as ideias prévias dos alunos, do ponto de vista afectivo é necessário ponderar os respectivos aspectos justificativos. Quando não há emoção, as informações geram dispersão nos alunos, em vez de prazer e de concentração (Cury, 2004).

Pese embora muitas vezes se pensar que as qualidades justificativas de uma dada estratégia não são só uma função intrínseca dela própria, mas também o fruto da interacção desta mesma estratégia com as características individuais dos alunos como por exemplo os seus estilos cognitivos (Neto, 1998). Martin Diaz

e Kempa (1991) com base num estudo, elaborado por Hofstein e Kempa (1985), a partir de padrões volitivos propostos por Adar, concluíram que os alunos tendem de facto, a preferir determinadas estratégias de ensino que vão de encontro às suas necessidades volitivas e rejeitar as que delas são dissonantes.

Os padrões volitivos identificados por Adar são os seguintes:

- ✓ Alunos determinados pelo sucesso escolar, sendo este o seu móbil;
- ✓ Alunos curiosos;
- ✓ Alunos conscientes e conscienciosos;
- ✓ Alunos socialmente motivados, que dão preferência a actividades de grupo e não receiam a possibilidade de virem a ser avaliados pelos colegas.

Do estudo realizado foi confirmado por exemplo, que os alunos "curiosos" se sentiam mais motivados por actividades com base na resolução de problemas.

Como já referido, o ensino de ABRP só por si é motivador pelo facto dos questões problemas se ancorarem em situações reais e decorrente da própria estratégia subjacente à resolução de problemas.

Vários autores têm apontado diversas causas responsáveis por dificuldades sentidas pelos alunos, que constituem obstáculos à implementação do ABRP. Ruiz (1998) refere que os alunos não estão habituados a esta metodologia, mas antes a um ensino transmissivo, que em geral a consideram difícil. Os alunos preferem que lhes sejam ensinadas técnicas que lhes proporcione um modo rápido e quase automático de resposta, sem que para tanto seja necessário desenvolver um longo e estruturado raciocínio, recorrendo apenas aos elementos que foram objecto de memorização. Cusak *et al*. (1986) concluiu que a estratégia de ABRP não vai ao encontro dos métodos e dos hábitos de trabalho preferidos pela maioria dos alunos. Com efeito, estes preferem actividades que lhes proporcionem respostas rápidas e automáticas, em vez de situações que impliquem inovação, descoberta, conflito conceptual, em suma, que impliquem um elevado esforço mental. Por seu turno, Lopes (1994) corrobora esta opinião salientando ainda o facto dos alunos com uma cultura mais afastada do meio escolar, terem maior dificuldade em interpretar o enunciado, em conjugar o conhecimento de conceitos e de estratégias e de revelarem, consequentemente, um certo bloqueio de raciocínio. Gil Perez (1993) realça que,

caso na avaliação final não seja atribuída importância às aprendizagens orientadas por ABRP, os alunos deixaram de se empenhar nesta tarefa, pois estarão mais interessados em adquirir os conhecimentos finais sobre os quais serão avaliados. Cruz e Valente (1993) apresentam um conjunto de variáveis de ordem afectiva, como o desinteresse, a apatia, a desmotivação e o baixo grau de confiança.

Uma das dificuldades na ABRP prende-se exactamente com a necessidade de formular perguntas, pois a arte de formulação das questões é difícil e exigente, como adverte Lopes (2004). A forma como estas são elaboradas determina as directrizes das respostas, caso estas não sejam bem formuladas poderão induzir num autoritarismo de ideias (Cury, 2007). Como já referido, há que colocar diversas perguntas, pois nem todas são pertinentes, pois nem todas são úteis, pois nem todas permitem avançar no conhecimento ou na compreensão do que se está a estudar (Lopes, 2004).

Porém, antes da formulação das perguntas é necessário delimitar com precisão aquilo que se sabe e o que se desconhece. Para tanto há que avocar o que já se sabe, sobre a situação física, o assunto, o modelo teórico ou o que é possível saber, mais ou menos de forma imediata para recolhermos informação complementar. Esta demarcação suscita algumas dificuldades, nomeadamente "*na estruturação de forma sintética e precisa o que já se sabe do que se quer saber sobre o que ainda não é conhecido; nem sempre ser possível caracterizar o que se pretende saber; a forma de caracterizar o que ainda não se sabe pode orientar um bom percurso de resolução ou, pelo contrário ocultá-lo*" (Lopes, 2004).

Diversos estudos revelaram que um dos pontos fulcrais que determina logo à partida o insucesso do aluno na resolução do problema é a incapacidade demonstrada na sua efectiva compreensão.

Genericamente, compreender um problema, consiste em "*visualizar*", idealizar e esquematizar o que o sujeito depreende da situação física face ao problema a resolver (Lopes 2004). Posta a questão de outra forma, verifica-se a necessidade de obtenção de respostas a questões do tipo: O que se sabe? O que é que não se sabe? De que tipo de solução se está à procura? O que nos impede de lá chegar? (Neto, 1998).

A este processo de compreensão do problema não está associado um mecanismo singular e instantâneo ligado ao *insight* dos *gestaltistas*, mas a um conjunto de estruturas cognitivas intermédias de compreensão, mediadoras entre as componentes iniciais da tarefa e as estratégias de resolução, que se denominam por representação do problema (Greeno, 1980). Sendo o processo de representação do problema um mecanismo essencialmente interno, pode assumir também manifestações exteriores que se traduzem concretamente, na realização de esquemas, esboços, diagramas anotações simbólicas, equações matemáticas e outros procedimentos externos que podem influenciar a compreensão do problema. A resolução de um dado problema depende, da forma particular como o sujeito a representa. De acordo com Neto (1998) "*caso os sujeitos fiquem presos a representações rígidas ou convencionais, ou seja, quando revelam incapacidade de construir novas representações, manifestarão por certo incapacidade resolutiva*".

Vários autores, como por exemplo Nickerson *et al*. (1985), salientam a necessidade de se efectuar uma representação, mais elaborada e mais efectiva, sendo igualmente necessário que os sujeitos, para além da descodificação do material presente no contexto ou espaço da tarefa, sejam capazes de activar conhecimentos pertinentes armazenados.

De acordo com Lopes (2004), na prática lectiva o que é necessário fazer é transformar a representação conceptual, consciente, explícita e consistente.

A representação do problema condiciona a compreensão da situação e consequentemente determina a facilidade ou a dificuldade da resolução subsequente (Hayes, 1987).

Um outro mecanismo decisivo na resolução do problema é a organização deste. Os modos qualitativamente diferentes dos especialistas e dos iniciados, de organizar os conhecimentos, parecem ter uma influência decisiva na resolução de problemas (Chi *et al*.; 1981; Dufresne, 1989; Gagné, 1985).

De acordo com Reif (1981) e Kempa e Nicolas (1983), sempre que é inadequada a forma como o conhecimento se encontra estruturado, as possibilidades do sujeito resolver o problema diminuem consideravelmente, ainda que, o mesmo sujeito, possa estar na posse de outras competências.

Os especialistas parecem armazenar a informação em sistemas organizados e estruturalmente organizados, em torno de princípios básicos. Para muitos autores este é um dos argumentos que possibilita a utilização da memória a longo prazo, e constitui um factor distintivo do ponto de vista da competência intelectual (Neto, 1998).

Os iniciados, parecem realizar este armazenamento na base de agregados algo amorfos e escassamente interligados em torno de princípios superficiais (Resnick 1983).

Segundo Dufresne (1989) esta diferente metodologia de organização do conhecimento traduz-se no processo de resolução de problemas.

Os especialistas, baseados na sua organização estruturada, começam em geral um problema, centrando a sua atenção para uma estrutura profunda, isto é, para os princípios e os conceitos fundamentais que poderão ser aplicados à resolução, depois analisam o problema qualitativamente baseando-se nos conceitos previamente seleccionados e desenvolvendo, com frequência, um plano para a solução, antes de passarem à execução dos procedimentos planeados. Pelo contrário, os iniciados, face à deficiente estruturação do problema, tendem a focalizar a atenção na estrutura superficial do problema e com frequência passam rapidamente à aplicação de fórmulas e equações matemáticas, sem análises qualitativas sistemáticas e persistentes (Neto, 1998).

Uma, amostragem significativa de alunos manifesta em relação à disciplina de física uma atitude desfavorável que se traduz em elevados índices de insucesso nas disciplinas de física, quer no nível secundário e quer a nível universitário (Urbano, 1987). Esta situação pode vir a ser agravada com a implementação do ABRP, caso os alunos considerarem os problemas apresentados complexos, não compatíveis com as suas reais competências e aptidões. Cria-se, assim, uma situação de rejeição deliberada da actividade ou estado de ansiedade perturbador dos bons mecanismos motivacionais.

Nesse sentido, Brincones (1999) refere que os problemas e as actividades que deles decorrem devem:

- Ser reais para ajudar a ver a aplicabilidade dos conhecimentos e a transferência das destrezas;

• Ser relevantes para os alunos para que eles tenham vontade de os resolver;

• Ser acessíveis aos alunos, adequados aos seus conhecimentos prévios;

• Conduzir a conhecimentos novos, compatibilizando o que já se sabe com algo de novo que não pode ser adquirido de forma imediata.

Desempenho do professor

Segundo Deslie (2000), se bem que cabe ao aluno construir o seu próprio conhecimento, este é mediatizado por diversos factores influentes entre os quais se destaca o papel do professor que ajuda, aconselha, mas não dirigir o aluno.

O professor deverá ser um promotor de debates sobre as situações problema do quotidiano, sobre situações clarificadoras de valores, estimulando o envolvimento dos alunos. Cabe-lhe a função de problematizar os saberes, organizar os processos de partilha, promover a interacção e reflexão crítica. Isto é, o professor deverá adoptar o papel de gestor e/ou orientador do processo de aprendizagem dos alunos (Lopes, 2004).

Salienta-se, entre outras competências que são exigidas ao professor, a segurança que necessita de possuir no que respeita ao domínio dos conteúdos científicos envolvidos, colocando aos alunos questões pertinentes para descodificar as suas respostas, detectar obstáculos, auxiliando o aluno no seu processo de reflexão crítica.

Gil Pérez *et al*. (1999) defende que através da resolução de problemas e do levantamento de hipóteses, as insuficiências e as concepções alternativas dos alunos são substituídas por outras. Assim, o professor, além de se aperceber das concepções erradas dos alunos, ajuda à mudança do aluno, permitindo-lhe que construa o seu próprio conhecimento. A aprendizagem das ciências é concebida não como uma simples mudança conceptual, mas sim como uma mudança conceptual, metodológica e atitudinal.

Rajendran (2002b) sugere uma lista de atitudes a que o professor deve ter na condução da resolução de questões problema:

- Utilizar estratégias de resolução de problemas e de tomada de decisão no processo de ensino/aprendizagem;

- Identificar as estratégias específicas que se usam na resolução de problemas e reflectir sobre o processo de resolução com os alunos, de forma explícita, com o intuito de desenvolver a metacognição;
- Colocar questões que obriguem os alunos a responder "*porquê*" e "*como*";
- Aplicar as estratégias cognitivas no contexto das diferentes matérias;
- Dar tempo aos estudantes para responder às questões colocadas;
- Procurar múltiplas respostas para as questões formuladas, quer nas discussões, quer nas respostas escritas;
- Promover o raciocínio indutivo partindo de dados específicos para estabelecer os princípios gerais;
- Elaborar sumários das aulas onde se discutiriam determinados temas;
- Proporcionar nas aulas, um ambiente favorável ao pensamento, estabelecendo uma atitude de aceitação de todas as opiniões durante as discussões geradas;
- Encorajar os estudantes a expressar as suas ideias de forma correcta e exigir-lhes que melhorem a precisão com que as expressam;
- Esperar que todos os alunos possam e consigam desenvolver as suas capacidades cognitivas.

Lopes (1994) questiona se algumas das dificuldades que os alunos sentem na resolução dos problemas, não se prende com a expectativa/receio dos professores face à capacidade dos alunos em desenvolverem esta metodologia de forma a obter sucesso.

Gil Perez e Martinez Torregrosa (1983a e 1983b) atribuem o insucesso da física à orientação que tem sido seguida em relação resolução de problemas. Com base num estudo realizado por estes autores, as causas apontadas pelos professores por eles inquiridos foram:

- leitura incorrecta do enunciado (47%)
- deficiente preparação teórica (40%)
- deficiente manipulação do material matemático (38%)

Ao atribuírem o insucesso preferencialmente a estes factores, os professores evidenciam uma concepção de problemas como exercícios de aplicação (Neto, 1998).

Esta deficiente compreensão dos professores, relativamente ao que é uma situação problema, deve-se à sua pouca experiência nesta área, até porque não a estudaram na sua formação inicial. Daí decorrem dificuldades no seu desempenho, acrescidas da complexidade da metodologia em causa.

As dificuldades vivenciadas pelos professores prendem-se em elaborar problemas, organizar recursos didácticos, planificar aulas em função da resolução de problemas e na condução do processo de resolução dos problemas por parte dos alunos, nomeadamente, em gerir a ajuda que se deve dar aos alunos na definição das questões problemas, no planeamento da resolução. A planificação, assume-se extremamente pertinente quando o trabalho a implementar é de índole investigatório, isto porque o professor deve prever as dificuldades que os alunos sentirão, de modo a melhor os poder orientar.

Sendo a ABRP uma metodologia centrada nos alunos e de esta dever ser preferencialmente implementada em trabalhos de grupo, poderá trazer algumas dificuldades ao professor.

O professor pode sentir dificuldades em esclarecer todos os alunos e em gerir actividades diversas a ritmos diferentes, que caso não consiga controlar, poderá criar um ambiente quase caótico na sala de aula (Lambos, 2004).

West (1992) refere ainda que uma das razões que afasta os professores da implementação desta metodologia prende-se com o tempo limitado, justificado pela necessidade de cumprir programas. O professor deverá monitorizar o trabalho de todos os alunos para que sejam cumpridos os objectivos propostos em tempo útil. A avaliação da ABRP, devido a diversidade de actividades pode suscitar dificuldades ao nível dos parâmetros que se devem analisar e da criação de instrumentos de avaliação adequados.

A concluir, salienta-se que para que a implementação da ABRP não adultere as suas funções educativas é necessário que professores e alunos cumpram o seu papel. A intenção é que o professor não desempenhe papéis que deveriam ser atribuídos aos alunos e vice-versa (Lopes 2004).

Ambiente de aprendizagem

A ABRP é muito profícua se for desenvolvida em grupo. A aprendizagem colaborativa apresenta um ambiente no qual o aluno interage com um ou mais dos seus pares para resolver um dado problema. O trabalho de grupo prepara os alunos para uma vida profissional em que a equipa e a articulação entre os seus elementos são essenciais. Com o trabalho do grupo, os alunos tem oportunidade de vivenciar experiências e desenvolver atitudes de liderança, de cooperação, de respeito e de partilha, enfim de desenvolver competências de relação interpessoal. Piaget (1932) refere que a aprendizagem colaborativa, em que a interacção entre os pares é igualmente partilhada, desempenha um papel de maior importância no desenvolvimento cognitivo construtivo. Esta teoria é igualmente consistente com outras teorias como por exemplo Vygotsky (1998).

Articulado com o trabalho de grupo e, servido por ele, está um processo de descoberta pessoal e de autonomia na aprendizagem que também é necessário realçar, na medida em que decorrente do processo de resolução de problemas o aluno assume a responsabilidade de conduzir o seu processo individual de aprendizagem. Neste sentido, as necessidades individuais podem coincidir com as do grupo, mas haverá momentos que será necessário um esforço colectivo para que o processo colectivo decorra sem entraves. O trabalho individual alimenta e alimenta-se do trabalho de grupo, em articulação permanente.

A aprendizagem colaborativa fornece um ambiente capaz de dar vida e riqueza ao processo de aprendizagem. Ao introduzir parceiros interactivos num sistema educativo, cria contextos sociais mais realísticos, aumentando por isso mesmo a eficiência do sistema.

O ABRP e o desenvolvimento de competências

No Ensino das Ciências, a resolução de problemas desempenha segundo, Lopes (1994) um papel muito importante na aprendizagem dado que:

- Favorece o “crescimento” dos conceitos e do próprio conhecimento científico;

- É um processo fundamental para os alunos e professores mudarem a sua visão e atitude em relação ao modo como os cientistas constroem os conceitos;
- Aproveita a motivação dos alunos para enfrentarem desafios e enfrentarem dificuldades;
- Pode ser utilizada para produzir "*saber*" e saber "*fazer*" e não apenas para o justificar;
- Permite o desenvolvimento de competências básicas (cientificas, sociais de comunicação, etc.) e de outras capacidades complexas tais como o pensamento crítico e a tomada de decisão.

Compreender e resolver um problema, é pois uma actividade criativa que requer a utilização de funções cognitivas. Assim, assume-se uma abordagem cognitivista da inteligência, segundo a qual os processos cognitivos podem ser identificados, analisados e melhorados. Os alunos aprendem a pensar, ou melhor dizendo "aprendem a apreender" (Schmidt, 1993). Nesse sentido justifica-se o ensino orientado para a ABPR. Esta perspectiva contempla, portanto, a possibilidade do ensino se vocacionar para a compreensão e abordagem sistemática destas capacidades, ajudando o aluno a tomar consciência das suas próprias formas de aprender, de contactar com os processos cognitivos alternativos e de organizar e gerir as suas próprias estratégias de aprendizagem. É neste processo metacognitivo de reflexão sobre o que se sabe, como se apreende e como se pode melhorar a aprendizagem que se situam muitos projectos pedagógicos em curso em diferentes níveis de ensino do sistema educativo que são actualmente bastante pertinentes e oportunos (Valente *et al*., 1989). Os problemas quotidianos não se limitam a exigir estratégias bem definidas e simples mecanismos intelectuais. Mobilizam aspectos mais complexos e mais abrangentes: daí, também, o aparecimento da metacognição; daí o apelo a outra dimensão do funcionamento global humano que não apenas o cognitivo**.** O ensino orientado para ABRP tem como função educativa o desenvolvimento de competências de mais alto nível tanto no domínio cognitivo como nos domínios psicomotor e afectivo (Lopes, 2004).

Vygotsky seguindo a linha do pensamento de Espinosa (1987), que apresenta uma concepção do homem como "instrumento do pensamento" da Natureza (concebida como unidade) na compreensão do pensamento como acção do corpo organizado, como função própria do ser material na sua mais alta expressão. É na noção Vygotskiana na zona do desenvolvimento próximo onde esta perspectiva se encontra mais bem consubstanciada. Vygotsky (1978, 1979, 1986) define zona do desenvolvimento próximo como *"a distância entre o nível real de desenvolvimento da criança, determinado pela sua capacidade de resolver um problema independente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da sua capacidade de resolução de um problema em cooperação com um adulto ou com um colega mais competente".*

Este princípio tem subjacente um princípio didáctico oposto à orientação tradicional, na medida em que está em condições de conduzir e estimular os alunos, contrariamente ao ensino tradicional que se limitava a deles unicamente tirar partido. Segundo Vygotsky (1986), o ensino deve estar orientado para o "futuro e não para o passado".

Estudos desenvolvidos sobre ABRP

É possível encontrar na literatura da área da Educação em Ciências estudos centrados na contribuição deste modelo de "ensino" quer para a aprendizagem de conhecimentos conceptuais, quer para o desenvolvimento de competências de resolução de problemas, quer ainda para efeitos afectivos, designadamente as reacções dos alunos ao ensino orientado para ABRP. De um modo geral, esses estudos, realizados no ensino básico (exemplo, Gandra, 2001), no ensino secundário (ex.: West, 1992) e no ensino superior (ex.: Savin – Baden, 2000), indicam que o ensino orientado para a ABRP produz um efeito positivo nos alunos, quer em termos da aprendizagem de conceitos, quer em termos de desenvolvimento de competências de resolução de problemas. Também, os estudos de Chang e Barufaldi (1999) e Gandra (2001) demonstraram que os alunos aprendem mais e melhor através desta metodologia de ensino apesar de realçarem que os alunos tenham dificuldade a adaptar-se a mudanças de ensino.

West (1992), Cruz e Valente (1993), Duch (1996) e Chang e Barufaldi (1999) demonstraram que os alunos sujeitos a ABRP:

- apresentavam melhorias na identificação e compreensão de situações problemáticas;
- revelavam mais facilidade em identificar informação relevante para a resolução dos problemas e em planificar a sua estratégia de resolução;
- ganharam competências a nível da pesquisa e organização da informação e dos dados necessários à solução do problema;
- revelavam mais facilidade na elaboração de raciocínios e argumentos;
- desenvolveram o espírito de cooperação e do trabalho de grupo.

Duch (1996) e Gandra (2001) constataram que o ensino orientado para ABRP melhora os conhecimentos em física e a capacidade de os aplicar em diferentes situações, além de se revelarem que os alunos ficaram mais motivados pois gostaram de resolver desafios.

2.3.4.5 Distinção entre exercício e questões problema

Urge neste momento fazer-se a distinção entre exercício e problema.

Quer num exercício como num problema reportam-se a uma situação física, distinguindo-se os dois pela forma como é descrita ou evocada a situação física, a quantidade e qualidade da informação fornecida e o tipo de questão postas, além de ter finalidades educativas diferentes (Lopes, 2004).

Segundo Bodner (1987) a distinção entre um problema e um exercício assenta fundamentalmente no papel que os algoritmos desempenham nas duas situações. Se considerarmos a metodologia apresentada para a resolução de problemas o uso de algoritmos só por si não é suficiente para resolver o problema (Frank *et al*., 1987). Pelo contrário, na resolução de exercícios exige-se apenas, em geral, identificar, relembrar e operacionalizar correctamente algoritmos previamente memorizados, com base em "exercícios tipo" previamente apresentados nas aulas. Neste sentido, os contextos de resolução de exercício e de problema são diferentes. Nos exercícios os contextos de resolução apelam à consolidação de rotinas de raciocínio e de cálculo, surgindo obviamente depois de um determinado assunto ser tratado nas aulas. Nos problemas, a contextualização é fundamental na medida que é a partir dela que é possível

identificar a problemática em questão e saber qual o ambiente em que apareceu, permitindo em traços gerais aprofundar/relacionar conhecimentos (Lopes, 2004).

A fim de explicitar mais detalhadamente a distinção entre exercício e problema, apresenta-se a Tabela 2.1 com a informação sistematizada. Em termos práticos, considera-se os critérios assinalados na Tabela 2.1 com (*) suficientes, para se estabelecer tal esta diferença.

Tabela 2.1 – Distinção entre exercício e problema [adaptado de Lopes (2004)]

	PROBLEMA	**EXERCÍCIO**
TIPO DE SITUAÇÃO FÍSICA E O SEU CONTEXTO *	Situação realista. O contexto está formulado de forma precisa, mas é muito vasto	A situação é académica, a ponto de mesmo os valores numéricos apontarem para algo inexistente. não há um contexto de realidade física. Há um contexto de assuntos de física a realizar
TIPO E QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO FORNECIDA *	A informação fornecida é qualitativa, não permite abordar a questão, à partida, de forma numérica. Existem informações irrelevantes e outras que faltam para a abordagem da questão	A informação fornecida é numérica e está na quantidade certa para se responder às questões
MODELIZAÇÃO DA SITUAÇÃO FÍSICA*	A situação física não está completamente modelizada	O que é apresentado é o modelo de uma situação física hipotética
OBSTÁCULO	Apenas implícito	Tipificado e explícito, logo, a resolução necessita apenas, da modelização do algoritmo
DIFICULDADE CONCEPTUAL*	Pode ser necessário mobilizar e articular de forma nova vários conceitos e/ou vários formalismos matemáticos e/ou raciocínios	Tende a mobilizar procedimentos estabelecidos ou a estabelecer com a repetição
ORIENTAÇÃO DA RESOLUÇÃO*	Há uma pequena orientação	Há uma orientação clara: a questão mais difícil é colocada depois da questão mais imediata
CONHECIMENTO PRÉVIO DE UM ALGORITMO*	O conhecimento do algoritmo depende do sujeito. para níveis elementares é provável que, neste caso, não exista	Para níveis elementares é provável que, neste caso, exista

Salienta-se que, em geral não há casos tipos, isto é, enunciados só com características de problemas ou de exercícios, mas "um contínuo entre os dois extremos". Outro aspecto a considerar é que um problema pode converter-se num exercício caso o professor afunile a sua formulação e dirija os alunos de tal forma que não lhes permita efectuar o percurso em que estes sintam as dificuldades, as explicitem e as tentem ultrapassar. Melhor dizendo, é necessário o professor deixar espaço para o aluno resolver efectivamente o problema. Outros aspectos já referidos, é a pertinência da discussão/ avaliação dos resultados obtidos nos problemas e ainda o facto de uma situação constituir um problema para um aluno e não para outro.

Concluindo, a interacção "sujeito – tarefa – atmosfera envolvente" determina as funções educativas que à partida eram atribuídas a uma dada situação (Lopes, 2004).

A resolução de exercícios inscreve-se no que tem sido tradicionalmente os cursos de ciências. Primeiro são apresentadas as leis e teoria, princípios novos (conhecimento declarativo), seguidamente apresentam-se os "exercícios tipo" onde é aplicada a teoria. Depois é fornecido um conjunto de exercícios semelhantes, para o aluno resolver sozinho, preferencialmente (Dufersne1987, 1989)

Schoenfeld (1989) adverte que esta é uma aprendizagem mecânica, rotineira que apela ao pensamento reprodutivo e acrítico. A mecanização baseia-se em aspectos concretos e superficiais da situação e não em aspectos de estrutura profunda, ou seja em princípios gerais (Chi *et al*., 1981). Durante a resolução os alunos centram-se em relembrar e aplicar factos e fórmulas matemáticas, marginalizando aspectos qualitativos focalizando mais a sua atenção no produto do que no processo (Larkin e Reif, 1979). Assim, quando confrontados com o exercício não dão espaço para construir primeiro uma representação inicial do problema e planear uma estratégia global de resolução e, raramente, têm uma atitude crítica face ao resultado obtido (Jagger, 1985). Consequentemente o aluno perante uma situação que apresente algo de novo tende a fracassar, uma vez que lhe falta a compreensão dos conceitos e leis que

explicam o fenómeno e porque esta metodologia de ensino lhe inibiu a originalidade, a criatividade e o pensamento crítico (Garrett, 1988; Gunstone e White, 1981).

O facto da resolução de problemas se assumir como uma estratégia por excelência na promoção do desenvolvimento intelectual, por outro lado a resolução de exercícios também é pertinente pelo facto de ser geradora de procedimentos sistemáticos que se automatizam permitindo a resolução de situações análogos, importantes tanto na escola como na vida do dia-a-dia. A título de exemplo considere-se a realização das tarefas como somar, dividir ou mesmo conduzir. Assim, a resolução de exercícios é uma competência a desenvolver, na medida que dela depende, em última análise a sobrevivência do indivíduo. Hayes (1987) aponta, ainda, a importância dos exercícios tipo na resolução dos problemas, uma vez que os esquemas de resolução que lhes estão associados são valiosos, na medida em que permite discernir entre informação relevante e irrelevante, na forma da representação utilizada e na própria estratégia de resolução com vista à obtenção da solução.

2.3.4.6 Quadro resumo das perspectivas de Ensino das Ciências

Apresenta-se na Tabela 2.2 o resumo sobre as perspectivas de Ensino que foram abordadas anteriormente.

Tabela 2.2 – Perspectivas de Ensino

Perspectivas de ensino	**EPT**	**EPD**	**EMC**	**EPP**
Finalidade	Aquisição de conceitos; Ênfase na instrução.	Compreensão de processos científicos; Ênfase na instrução.	Mudança de conceitos; Ênfase na instrução.	Construção de conceitos, competências, atitudes e valores; Ênfase na educação.
Vertente Epistemológica	O conhecimento é exterior aos alunos; O conhecimento científico é visto como mecânico, acumulativo, absoluto.	O conhecimento deriva da experiência; A construção em ciência segue um processo indutivo; O conhecimento científico é acumulativo, linear, invariável e universal; Para se atingir o conhecimento basta seguir "o" método científico.	A observação de factos está carregada de teoria; O conhecimento científico resulta de um percurso descontínuo incerto, dinâmico, dialéctico e pouco estruturado - pluralismo metodológico; O erro é um factor de progresso do conhecimento científico dos alunos.	Visão externalista contemporânea da Ciência, valorizando uma perspectiva global desta; Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade; Valorização da História da Ciência e contextos sócio-culturais de produção do conhecimento; Considera o erro como consubstancial ao conhecimento.
Vertente da Aprendizagem	O professor transmite conteúdos aos alunos e estes armazenam-nos sequencialmente na sua mente.	Os alunos aprendem os conteúdos científicos a partir de observações ingénuas, isto é, descobrem as ideias indutivamente a partir de factos observáveis.	Perspectivas construtivistas que valorizam as concepções alternativas dos alunos; Não se valoriza o conhecimento em acção.	Superação de situações problemáticas; Assenta em perspectivas sócio-construtivistas; Conhecimento para a acção.

continua

continuação

Perspectivas de ensino	**EPT**	**EPD**	**EMC**	**EPP**
Papel do Professor	O professor transmite conceitos, pensados por si ou por outros; Assume um papel tutelar exercendo a sua autoridade graças à competência científica.	O professor assume um papel de organizador das situações de aprendizagem, direccionando as "descobertas" a fazer pelos alunos.	O professor diagnostica concepções alternativas dos alunos e a partir destas organiza estratégias de conflito cognitivo para promover aprendizagens adequadas.	O professor como problematizador de saberes; O professor como organizador de processos de partilha, interacção e reflexão crítica, ou seja, promove debates sobre situações problemáticas, fomentando a criatividade e o envolvimento dos alunos.
Papel do Aluno	Aluno passivo; Aluno como receptáculo da informação (metáfora da "tábua rasa").	A metáfora do "aluno cientista".	O aluno como construtor da sua aprendizagem conceptual, aqui muito valorizada.	Aluno activo assumindo um papel de pesquisa; Reflexão crítica sobre as suas maneiras de pensar, de agir e de sentir.
Caracterização Didáctico / Pedagógica	O ensino centra-se nos conteúdos, tendo o seu fulcro em exposições orais do professor; Pedagogia, repetitiva, de índole memorística; Não atende às diferenças dos alunos; O currículo formal e o manual escolar adoptado determinam, quase sempre, as acções do professor; A organização do ensino supõe uma atitude passiva dos alunos; A avaliação é do tipo normativa, confundindo-se com a classificação.	Estratégias de ensino (pretensamente) isomorfas "do" método científico; As actividades experimentais são do tipo indutivo; Deficiente integração dos saberes, adquiridos pelos alunos, num todo coerente; A avaliação centra-se nos processos científicos.	Parte das concepções alternativas dos alunos, funcionando os conteúdos como um meio de aprendizagem para promover a mudança de conceitos, através da superação de conflitos cognitivos; Há uma sequencialidade no percurso de mudança conceptual; O erro assume um papel positivo, sendo um factor de progresso do conhecimento científico; Avaliação formativa e sumativa, centrada nos conceitos.	Estudo de problemas abertos, sempre que possível, com interesse para os alunos e de âmbito CTSA; Abordagem qualitativa das situações; Valorização de actividades inter e transdisciplinares; Trabalho de grupo e de cooperação inter-grupos; Actividades de síntese e de reflexão crítica - "pontos de situação"; A avaliação da aprendizagem engloba conceitos, capacidades, atitudes e valores. A avaliação é parte integrante do ensino e organiza - se em ciclos de avaliação.

2.4 Estratégica didáctica do estudo

A ciência está em todo o lado, à nossa volta, encontrando-se numa multiplicidade de espaços que constituem autênticos laboratórios, como o da Lagoa das Furnas, na Ilha de S. Miguel, local eleito para o estudo da presente dissertação.

O Vale das Furnas é um laboratório natural vastíssimo com múltiplas possibilidades de exploração que permitem a aquisição de conceitos básicos e o cruzamento de diferentes olhares e diferentes metodologias, com abordagens efectivamente transversais.

A escolha do local partiu do contacto e conhecimento da região, um laboratório aberto, onde é possível fazer uma observação visual de diferentes manifestações geotérmicas possíveis de serem objecto de estudo na disciplina de físico-química. As manifestações geotérmicas observadas neste excelente laboratório, a céu aberto, e disponível a todos, despertam a curiosidade, a inquietação, a interrogação e a formulação de questões problema e, sob o ponto de vista científico, tecnológico e social, têm interesse de serem exploradas nas aulas de físico-química.

Para responder às questões problema, foi necessário formular hipóteses, recolher dados, e discutir hipóteses propostas à luz desses dados. Assim, recorreu-se à experimentação para confirmar as hipóteses. Tiraram-se conclusões, analisando os limites da validade destas e percebeu-se que a(s) solução(ões) encontrada(s) levanta(m) outra(s) questão(ões).

A realização do trabalho experimental serviu para a realização de actividades de índole investigatório em que os alunos relacionam teoria e prática e apreendem a ligação da teoria com a prática. Assim, as questões problema constituíram um elo de interligação entre teoria e prática, permitindo construir simultaneamente. o conhecimento conceptual e processual, estabelecendo-se deste modo uma relação dinâmica entre teoria e prática.

No contexto educativo do ensino da física e química que aqui se preconiza, Ensino Por Pesquisa, não se pretende testar teorias científicas, mas sim, estudar e aprofundar o conhecimento da realidade, em contexto real, num ambiente em que o aluno se identifique e reconheça as suas potencialidades e como afirma

Lopes (2004), comparar e confrontar os enunciados teóricos com os resultados experimentais para concluir e/ou formular novas questões.

As questões que aqui se levantam estão dirigidas aos educadores e não directamente planeadas para os alunos.

Entende-se que o trabalho transdisciplinar se inicia com o professor, devendo este ser detentor de uma forte base científica a fim de ser capaz de, no decurso das aulas, orientar devidamente os alunos, isto é, deve desenvolver aquilo que se pode designar por "*banda larga*" de conhecimento científico.

Capítulo III

Fundamentação Científica

Capítulo III

3. Fundamentação Científica

3.1 Introdução

A *Mudança Global*, inserida no tema Sustentabilidade na Terra das actuais Orientações Curriculares da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º ciclo do Ensino Básico, *A Atmosfera da Terra: Radiação, Matéria e Estrutura* e, *Do Sol ao Aquecimento* do 10 º ano de escolaridade, são temáticas muito importantes no Ensino das Ciências.

Desde há vários séculos o Homem tem mostrado grande interesse na problemática da mudança global e cada vez mais se ouve falar neste assunto quer nos meios de comunicação social quer nos conteúdos programáticos da área das ciências.

A ideia do estudo da Atmosfera proporciona aos alunos a capacidade de "*olhar*" o mundo que os rodeia de uma maneira um pouco diferente, permitindo a compreensão de acontecimentos do dia-a-dia, como por exemplo como se processa a previsão do estado do tempo (através da observação de várias variáveis: temperatura, pressão, vapor de água, gradientes verticais e horizontais e interacções de cada variável) e combatendo a iliteracia científica, aproveitando todas as vantagens que o próprio objecto de estudo nos dá, o facto de ser o maior "*laboratório*" disponível, o mais acessível e um dos que apresenta maior quantidade de fenómenos susceptíveis de serem estudados e analisados.

As observações de superfície são procedimentos sistemáticos e padronizados pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) no que diz respeito ao tipo de equipamento, às técnicas de calibração, à aferição, aos ajustes, aos horários de observação, ao tratamento dos dados, às correcções, às estimativas, à transmissão e ao uso operacional. Tais medidas visam à obtenção de informações qualitativas e quantitativas referentes aos parâmetros meteorológicos capazes de serem comparadas e de caracterizarem plenamente o estado do tempo atmosférico.

Hoje em dia, conforme já mencionado, é cada vez mais partilhada a ideia de que a formação científica dos cidadãos em sociedades de cariz científico/tecnológico deve incluir três componentes: a *Educação em Ciência*, a *Educação sobre Ciência* e a *Educação pela Ciência*.

As orientações curriculares visam o desenvolvimento de competências em diferentes domínios e exigem o envolvimento do aluno no processo ensino/aprendizagem, o que lhe é proporcionado pela vivência de experiências educativas diferenciadas.

Como investigadora e professora, as motivações para a escolha do Vale das Furnas – ilha de São Miguel, para a realização de actividades experimentais, começaram por conhecer bastante bem a região e, por ali estarem presentes diferentes fenómenos que envolvem o ser humano num laboratório aberto e disponível a todos. Neste laboratório "aberto" estão presentes, através de observação visual, diferentes fenómenos que suscitam curiosidade, inquietação e a formulação de questões problema.

Foi principalmente a aplicabilidade que estes assuntos têm, quer a nível de ensino quer a nível científico, a vontade de querer saber mais, a procura de respostas cientificamente correctas para justificar de uma maneira simples a ocorrências de tais fenómenos, a possibilidade de sugerir estratégias de ensino que motivassem os alunos para além do contexto de sala de aula, através de actividades exteriores à sala de aula, que condicionaram a escolha do local.

Somos de opinião que contextos reais poderão despertar e fomentar abruptamente o interesse nos alunos levando-os à compreensão de fenómenos que ocorrem no seu dia-a-dia e que podem envolver diversas áreas do conhecimento.

Por considerarmos interessante e oportuno, criamos este Capítulo onde são apresentados diversos conceitos fundamentais que servirão de base a uma melhor interpretação dos fenómenos envolvidos e que são adiante tratados nos diferentes estudos de caso através de experiências simples, realizadas no "campo" com ajuda de matérias de baixo custo e de fácil acesso.

3.2 Ar atmosférico

O ar atmosférico é considerado ar húmido, constituído por dois gases: ar seco e o vapor de água.

3.3 Ar húmido

O ar húmido é constituído por ar seco e vapor de água. A quantidade de vapor de água condiciona o valor da humidade relativa do ar. Pode-se ter um ar húmido com maior ou menor poder secante, ou seja, com menor ou maior humidade relativa.

3.4 Equações de estado

Considerando que p (Pa) corresponde à pressão absoluta a que está sujeita um gás a que corresponde uma quantidade de substância n (mol de moléculas) que ocupa um volume V (m^3) à temperatura T (K), a sua equação de estado será dada por

$$pV = nRT \tag{3.01}$$

onde R designa a constante dos gases perfeitos e tem o valor de $8314{,}4\ J.kmol^{-1}.K^{-1}$.

A equação (3.01) é designada por equação dos gases perfeitos.

Sabendo que, m representa a massa de gás considerado e que M é a massa molar desse mesmo gás a equação (3.01) pode tomar a seguinte forma,

$$pV = \frac{m}{M}RT \tag{3.02}$$

Atendendo a que a massa volúmica do gás, é definida pela expressão $\rho = \frac{m}{V}$, resulta para a equação (3.02) um novo aspecto,

$$p = \rho \frac{R}{M} T \qquad (3.03)$$

Nesta última forma a equação de estado dos gases perfeitos é independente da quantidade de gás considerada. Assim sendo, é possível relacionar a pressão, o volume e a temperatura de qualquer substância. Este facto é de enorme importância, porque dentro de certas condições, todos os gases, seguem aproximadamente a mesma equação de estado.

Para o ***ar seco*** a equação de estado pode ser escrita na forma

$$p_a = \rho_a R_a T \qquad (3.04)$$

onde o índice *a* representa o "ar seco".

Na expressão (3.04), p_a (Pa) indica a pressão parcial exercida pelo ar seco, $R_a \left(= \frac{R}{M_a} \right) \cong 287{,}1$ J.kg^{-1}.K^{-1} a constante particular para o ar seco e ρ_a a massa volúmica do ar seco. $M_a = \frac{\sum m_i}{\sum \frac{m_i}{M_i}} = 28{,}964$ kg.kmol^{-1} representa a massa molar do ar seco.

Para o ***vapor de água*** (na fase de vapor o comportamento da água na atmosfera aproxima-se do comportamento de um gás perfeito), a equação de estado pode ser escrita na forma

$$e = \rho_w R_w T \qquad (3.05)$$

onde o índice *w* representa o vapor de água.

Na expressão (3.05), *e* (Pa) indica a pressão parcial exercida pelo vapor de água (a pressão parcial de um gás é a pressão que ele exerceria à mesma temperatura da mistura se ocupasse sozinho o volume ocupado pela mistura), $R_w \left(= \frac{R}{M_w} \right) \cong 461{,}5$ J.kg^{-1}.K^{-1} representa a constante particular para o vapor de

água e ρ_w a massa volúmica do vapor de água. $M_w = 18{,}015$ kg.kmol^{-1} representa a massa molar do vapor de água.

A relação das constantes particulares do ar seco e do vapor de água é representada pela letra ε e o seu valor é dado por

$$\varepsilon\left(=\frac{R_a}{R_w}\right)=0{,}622 \qquad (3.06)$$

3.5 Termodinâmica do ar húmido

3.5.1 Lei de Dalton

Atendendo à Lei de Dalton, a pressão do ar húmido é dada pela soma das pressões parciais do ar seco e do vapor de água, caso ocupassem sozinhos, todo o volume da mistura à temperatura considerada. Assim sendo, a pressão parcial do ar húmido é dada por

$$p = p_a + e \qquad (3.07)$$

O valor da pressão do ar húmido é o valor da pressão atmosférica, ou seja o valor registado pelo barómetro.

O valor da pressão parcial de vapor de água pode ser avaliado de duas maneiras: consulta directa de ábacos e/ou tabelas ou aplicação da equação de Clausius-Clapeyron (dá uma excelente aproximação).

O valor da pressão parcial do ar seco pode ser avaliado atendendo aos valores da pressão atmosférica e pressão parcial do vapor de água e é dada por

$$p_a = p - e \qquad (3.08)$$

3.5.2 Pressão de saturação do vapor em relação à superfície líquida

Considere-se o recipiente, mostrado na Figura 3.1, isolado, contendo água no estado líquido e ar a uma determinada temperatura.

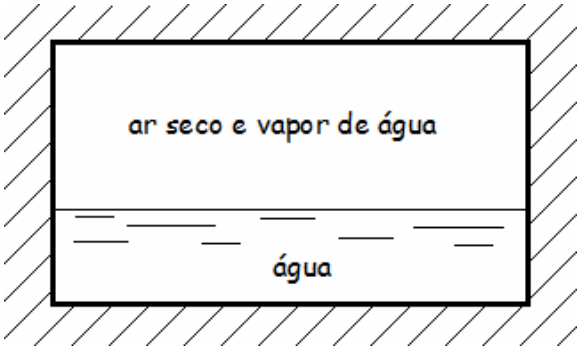

Figura 3.1 – Vapor de água em equilíbrio com uma superfície plana

De uma maneira simples o processo pode ser explicado como se segue. As moléculas do líquido, em particular as moléculas da camada superficial, encontram-se em permanente agitação e algumas conseguem escapar-se, formando moléculas de vapor de água. Por outro lado, algumas moléculas de vapor de água colidem com a superfície líquida e aí se fixam. Portanto, a condensação e a evaporação verificam-se simultaneamente. Para uma dada temperatura, atingir-se-á uma condição de equilíbrio quando os dois processos se produzirem à mesma taxa. Nesta situação, a temperatura do ar seco e do vapor de água será igual à temperatura do líquido, e no balanço, não haverá transferência de uma fase para a outra e vice-versa. Diz-se então que o ar húmido (ar seco e vapor de água) acima do líquido (água) está saturado de vapor de água em relação à superfície líquida, e a pressão parcial do vapor, nestas condições é designada por pressão ou tensão de saturação do vapor, e_s, em relação à superfície líquida.

As pressões de saturação do vapor dependem da temperatura e aumentam rapidamente com o aumento da temperatura.

Para passar da fase líquida à fase de vapor é necessário fornecer energia, sob a forma de calor, ao sistema dado que, à mesma temperatura, a energia cinética das moléculas de vapor é maior do que a energia cinética das moléculas de líquido. Chama-se calor de transformação L, à quantidade de calor necessária para converter a unidade de massa de líquido em vapor, mantendo constantes a pressão e a temperatura.

A mudança de estado de uma substância é um processo isotérmico e isobárico. A pressão parcial de vapor depende apenas da temperatura.

Combinando as equações que definem o primeiro e o segundo princípio da Termodinâmica, vem

$$\delta q = du + pdv \Leftrightarrow \delta q = Tds \tag{3.09}$$

Se os índices 1 e 2, representarem duas fases de uma substância, coexistindo em equilíbrio, ou seja numa mudança de fase, resulta

$$L = \int_{q1}^{q2} \delta q \Leftrightarrow \int_{q1}^{q2} \delta q = \int_{s1}^{s2} Tds \Leftrightarrow \int_{s1}^{s2} Tds = \int_{u1}^{u2} du + \int_{v1}^{v2} pdv \tag{3.10}$$

Atendendo a que as mudanças de fases são isobáricas e isotérmicas, e que $L_{1\to 2}$ corresponde ao calor de transformação na mudança de fase considerada, vem

$$L_{1\to 2} = T(s_2 - s_1) \Leftrightarrow T(s_2 - s_1) = u_2 - u_1 + p(v_2 - v_1) \tag{3.11}$$

e

$$Ts_2 - u_2 - pv_2 = Ts_1 - u_1 - pv_1 \tag{3.12}$$

Se a expressão (3.12) for diferenciada resulta

$$Tds_2 + s_2 dT - du_2 - v_2 dp - pdv_2 = Tds_1 + s_1 dT - du_1 - v_1 dp - pdv_1 \tag{3.13}$$

mas como $\delta q_i = Tds_i$ e $\delta q_i = du_i + pdv_i$, a expressão (3.13) reduz-se a

$$s_2 dT - v_2 dp = s_1 dT - v_1 dp \tag{3.14}$$

ou seja

$$\frac{dp}{dT} = \frac{s_2 - s_1}{v_2 - v_1} \tag{3.15}$$

No caso especifico da transição do estado liquido (índice 1) para o estado gasoso (índice 2), deve-se substituir p por e_s (pressão de saturação de vapor). Atendendo à expressão (3.11) e particularizando para o caso em análise, tem-se

$$s_2 - s_1 = \frac{L_{1\to 2}}{T} \tag{3.16}$$

onde $L_{1\to 2}$ corresponde ao calor de transformação.

Se a expressão (3.16) for introduzida na expressão (3.15) obtém-se a Equação de *Claussius-Clapeyron*

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{1\to 2}}{T(v_2 - v_1)} \tag{3.17}$$

Na atmosfera o volume específico da água v_1 é desprezável em face do volume específico do vapor de água v_2, e assumindo, como já referido, que o vapor de água se comporta como um gás perfeito, a expressão (3.17) pode escrita como

$$\frac{de_s}{dT} = \frac{L_{1\to 2} e_s}{R_w T^2} \tag{3.18}$$

Se o calor de transformação $L_{1\to 2}$ for considerado como constante (é uma boa aproximação na atmosfera) e se a expressão (3.18) for integrada entre o estado T_0 e e_{so} e o estado T e e_s, resulta

$$\ln \frac{e_s}{e_{s0}} = \frac{L}{R_w}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right) \tag{3.19}$$

em que e_{s0} representa a pressão de saturação de vapor correspondente à temperatura T_0 e e_s representa a pressão de saturação de vapor correspondente à temperatura T.

Experimentalmente obtém-se uma $e_{s0} = 6{,}11$ hPa para $T_0 = 273{,}15$ K.

Para a atmosfera o valor típico aceite para L é 2,5x10^6 J.kg^{-1}. Se estes valores forem introduzidos na expressão (3.19) e sabendo que R_w é igual a 461,5 J.kg^{-1}.K^{-1} resulta

$$e_s = 6{,}11e^{19{,}84\left(1-\frac{273{,}15}{T+273{,}15}\right)} \qquad (3.20)$$

A expressão (3.20) mostra que a pressão de saturação de vapor é exclusivamente função da temperatura. Chama-se a atenção ao leitor que o vapor de *e* indicado no segundo membro da expressão (3.20) não significa pressão de vapor mas representa o número de Euler, assim chamado em homenagem ao matemático suíço Leonhard Euler, sendo a base dos logaritmos naturais. As variantes do nome do número incluem nomeadamente número de Napier, constante de Néper, número neperiano, constante matemática e número exponencial, etc. e vale aproximadamente 2,71828182845…

3.6 Condições higrométricas do ar húmido

3.6.1 Parâmetros meteorológicos e instrumentos de medida

Temperatura do ar

A temperatura do ar T é expressa em ºC ou K. A determinação da temperatura é possível, através da utilização de vários instrumentos de medida. No entanto, qualquer que seja o instrumento utilizada, a medição da temperatura apenas tem validade no local da medição. Nesta investigação foram usados diferentes instrumentos de medida: termómetro de mercúrio de bolbo seco; *thermometer center* 307 Type K; multímetro DT-64 UniVolt com sensor de temperatura e um instrumento meteorológico da marca *Oregon Scientific*. A calibração entre os diferentes instrumentos foi considerada.

Os cuidados a adoptar no momento do registo da temperatura, estão relacionados com dois factores: o efeito da radiação e a inércia térmica do sensor (caso seja este o instrumento a utilizar) e erros de paralaxe (caso do termómetro de mercúrio de bolbo seco).

Humidade relativa do ar

Para definir a humidade relativa é necessário avaliar o conteúdo de vapor de água na atmosfera envolvente. Assim sendo, apresenta-se de seguida a definição de algumas grandezas higrométricas, cuja compreensão é de crucial importância para a determinação da humidade relativa do ar.

Razão de mistura

A razão de mistura, r, a uma dada pressão atmosférica, p, é calculada pelo quociente entre a massa volúmica de vapor de água, ρ_w, e a massa volúmica de ar seco, ρ_a, dada por:

$$r = \frac{\rho_w}{\rho_a} \tag{3.21}$$

Atendendo às expressões (3.04), (3.05), (3.06) e (3.08), e usando manipulações matemáticas, é possível obter

$$r = 0{,}622\frac{e}{p-e} \tag{3.22}$$

Mas como na atmosfera o valor de p é muito superior a e, este valor pode ser desprezado em face de p e a expressão (3.22) pode assumir a seguinte forma

$$r \cong 0{,}622\frac{e}{p} \tag{3.23}$$

onde r é expressa em gramas de vapor de água por quilograma de ar seco ($g.kg^{-1}_{ar_seco}$). A expressão simplificada (3.23) dá uma boa aproximação do valor da razão de mistura quando se conhecem a pressão parcial de vapor de água a uma dada temperatura e a pressão atmosférica (do nível de estudo). A pressão parcial de vapor, e, a uma dada temperatura, T, pode ser determinada através da resolução da Equação de Claussius-Clapeyron, ou através da consulta de tabelas e ábacos que estão disponíveis na literatura da especialidade.

Razão de mistura de saturação

No caso do ar saturado, ou seja quando uma certa quantidade de ar húmido não consegue "absorver" mais vapor de água sem que o vapor de água mude de estado, a razão de mistura de saturação é dada por

$$r_s = 0{,}622 \frac{e_s}{p - e_s} \tag{3.24}$$

em que r_s é expressa em grama de vapor de água por quilograma de ar saturado ($g.kg^{-1}_{ar_seco}$).

Analogamente, podemos considerar que na atmosfera $p >> e_s$, e a expressão (3.24) torna-se

$$r_s \cong 0{,}622 \frac{e_s}{p} \tag{3.25}$$

A pressão parcial de vapor de saturação, e_s, a uma dada temperatura, T, pode ser determinada através da resolução da Equação de Claussius-Clapeyron, ou através da consulta de tabelas e ábacos que estão disponíveis na literatura da especialidade.

Temperatura do ponto de orvalho

A temperatura do ponto de orvalho, T_d, é definida como a temperatura à qual uma quantidade de ar húmido precisa de ser arrefecida de forma a alcançar a saturação, mantendo a pressão e a razão de mistura constantes. Assim sendo, no ponto de orvalho, a razão de mistura, r, iguala a razão de mistura de saturação, r_s, ou seja a temperatura do ar iguala a temperatura do ponto de orvalho.

Humidade relativa do ar

Finalmente é possível definir fisicamente e matematicamente a humidade relativa do ar. A humidade relativa do ar HR é o quociente (expresso em percentagem) entre razão de mistura, r, e a razão de mistura de saturação, r_s, dada por

$$HR = \frac{r}{r_s} 100 \qquad (3.26)$$

Atendendo às expressões (3.23) e (3.25), a expressão (3.26) pode ter o aspecto

$$HR \cong \frac{e_s(T_d)}{e_s(T)} 100 \qquad (3.27)$$

A expressão (3.26) ou (3.27) indica que a humidade relativa do ar aumenta com a diminuição da temperatura de ar, T, pois neste caso a pressão parcial de vapor $e_s(T)$, aproxima-se da pressão parcial de vapor $e_s(T_d)$.

Nestes termos a humidade relativa do ar, HR pode ser definida como o quociente entre a razão de mistura de saturação à temperatura do ponto de orvalho T_d e a razão de mistura de saturação r_s à temperatura do ar T, ao mesmo nível isobárico. A humidade relativa do ar intervém na determinação das trocas de energia em forma de calor por evaporação. A temperatura do ponto de

orvalho é um excelente indicador para avaliar a quantidade de vapor de água ou seja a massa de água (no estado gasoso) existente no ar húmido.

No caso mais geral, a humidade relativa do ar é facilmente determinada usando a expressão,

$$HR = \frac{r(T_d, p)}{r_s(T, p)} 100 \qquad (3.28)$$

em que $r(T_d, p)$ e $r_s(T_d, p)$ são determinadas por aplicação das expressões (3.22) e (3.24), respectivamente.

A humidade relativa do ar pode ser registada por um instrumento de medida denominado higrómetro ou psicrómetro (medida discreta) ou higrógrafo (medida no tempo). Nesta investigação usou-se um instrumento digital e portátil – mini estação meteorológica – de marca Oregon (indica a humidade relativa do ar, a temperatura do ar e a pressão atmosférica).

Um psicrómetro é um instrumento de medida simples, constituído por dois termómetros, um termómetro de mercúrio de bolbo seco e um termómetro de mercúrio de bolbo molhado. Estes termómetros têm como objectivo permitir o registo da temperatura do ar e da temperatura húmida no momento da observação. A conjugação destes dois valores permite avaliar a humidade relativa do ar. O termómetro de bolbo seco indica a temperatura do ar e esta é designada por temperatura do bolbo seco. O termómetro de bolbo molhado consiste num termómetro cujo bolbo está revestido com uma gaze mergulhada em água destilada. Este termómetro indica a temperatura do bolbo molhado ou temperatura húmida. Caso o ar não esteja saturado, ocorrerá evaporação da água que envolve o bolbo. O "calor latente" necessário para a evaporação é transferido do próprio bolbo o que provoca uma diminuição da temperatura lida no termómetro de bolbo molhado. No caso de o ar estar saturado não ocorrerá nenhuma evaporação da água que envolve o bolbo, ou seja a temperatura do bolbo seco é igual à temperatura do bolbo molhado.

No caso do psicrómetro é necessário ter algumas precauções durante a sua utilização. Estes cuidados prendem-se essencialmente com factores tais

como: a radiação, a gaze e líquido a utilizar. Como já descrito, para a medição da temperatura é necessário proteger os termómetros da radiação solar directa. No caso do termómetro do bolbo molhado é necessário ter algumas precauções relativamente à gaze e ao líquido. O líquido que humedece a gaze deve ser água destilada, pois a pressão de vapor difere caso se utilize água não destilada. A gaze que envolve o bolbo do termómetro do bolbo molhado deverá prolongar-se além da parte sensível do termómetro a fim de evitar erros devido à condução térmica no termómetro.

A temperatura do termómetro molhado T_w, situa-se sempre entre a temperatura do termómetro seco T e a temperatura do ponto de orvalho T_d, ou seja $T \geq T_w \geq T_d$. No limite, são temperaturas iguais quando a humidade relativa do ar é 100%, ou seja quando a temperatura do ar iguala a temperatura do ponto de orvalho.

A partir do conhecimento da temperatura do ar e da temperatura do termómetro molhado e conhecendo a pressão atmosférica, é possível a partir de tabelas de valores diagramas psicrométricos ou da fórmula de Sprung avaliar a humidade relativa do ar (Dossat, 1980), dada por

$$HR = \frac{100}{e(T)}\left[e(T_w) - 0{,}79\frac{p}{760}(T - T_w) \right] \qquad (3.29)$$

Na expressão (3.29), T representa a temperatura do ar (ºC), T_w a temperatura do termómetro molhado (ºC), $e(T)$ a pressão parcial de vapor à temperatura T, $e(T_w)$ a pressão parcial de vapor à temperatura T_w e p a pressão atmosférica (mmHg).

Por considerarmos interessante e oportuno, construímos a Figura 3.2 de modo a serem analisadas duas situações que podem ocorrer na atmosfera: a do lado esquerdo para uma "parcela" de ar em que a temperatura do ar é constante e existe variação da razão de mistura (ou seja do ponto de orvalho), a do lado direito para uma "parcela" de ar em que a razão de mistura é constante (mesmo ponto de orvalho) e existe variação da temperatura do ar.

temperatura do ar (°C)	25°	25°	25°	temperatura do ar (°C)	20°	10°	2°
razão de mistura (g/kg) quantidade de vapor de água por cada kg de ar seco	5	10	20	razão de mistura (g/kg) quantidade de vapor de água por cada kg de ar seco	4,5	4,5	4,5
razão de mistura de saturação (g/kg) máximo de vapor de água por cada kg de ar seco	20 g/kg	20 g/kg	20 g/kg	razão de mistura de saturação (g/kg) máximo de vapor de água por cada kg de ar seco	15 g/kg	7,5 g/kg	4,5 g/kg
humidade relativa (%)	5/20= 25%	10/20= 50%	20/20= 100%	humidade relativa (%)	4,5/15= 30%	4,5/7,5= 60%	4,5/4,5= 100%
temperatura do ponto de orvalho (°C)	3,5 °C	14 °C	25 °C	temperatura do ponto de orvalho (°C)	2 °C	2 °C	2 °C
pressão atmosférica cerca de 1000 hPa				pressão atmosférica cerca de 1000 hPa			

Figura 3.2 – Humidade relativa "versus" quantidade de vapor de água e temperatura do ar

Os gráficos que se obtêm num termohigrógrafo (instrumento que regista no tempo, e em simultâneo, a temperatura do ar e a humidade relativa do ar) dependem da cobertura do céu ou seja da presença de nuvens. As linhas registadas e indicadas na Figura 3.3 são típicas de um céu "descoberto" ou com ausência de nuvens de "cobertura". As linhas mostram inequivocamente que para a massa de ar em análise quando se regista um aumento da temperatura do ar verifica-se uma diminuição da humidade relativa do ar, e vice-versa.

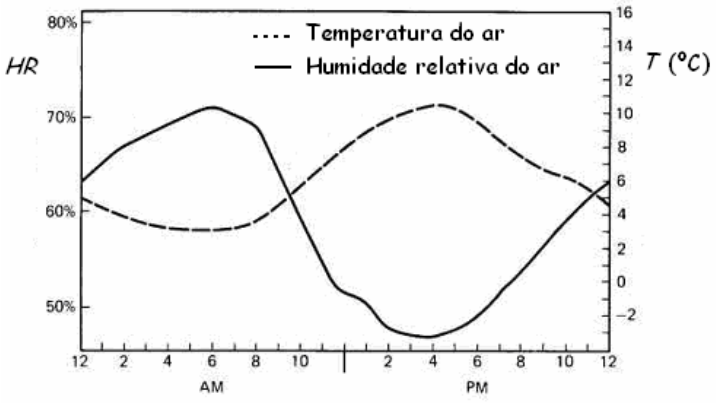

Figura 3.3 – O efeito do ciclo diurno da temperatura na humidade relativa do ar

3.7 Evaporação

Desde os tempos mais remotos o homem tem tentado estabelecer relações entre si, o tempo e o clima.

Diferentes entidades e grupos de intervenção, de entre elas a UNESCO e o IPCC (2001; 2007), mostram grandes preocupações com as alterações climáticas. A evaporação fazendo parte integrante do ciclo de água e estando directamente relacionada com a vida no nosso planeta Terra é investigada com alguma preocupação. As alterações climáticas já determinaram alterações de diversos ecossistemas.

Neste contexto é crucial compreender que factores meteorológicos condicionam a evaporação de uma superfície livre de água que está em contacto com o ar húmido (ou seja a atmosfera).

Cabe ao professor desenvolver competências aos futuros cidadãos e ajudá-los a saber interpretar fisicamente os processos que estão envolvidos.

O professor pode e deve dar importância ao trabalho experimental e de campo no Ensino das Ciências, ou seja, como já referimos, deve não só leccionar em ambiente de sala de aula – na escola mas estender, sempre que possível e oportuna, a leccionação através de actividades exteriores à sala de aula. Partilhamos da ideia que o ensino em contexto de situações do dia-a-dia favorece uma participação favorável dos alunos e alicerça de forma persistente as competências trabalhadas e adquiridas, ou seja o aluno deixa de ser um "condensador" ou "receptor" de informação.

Para trabalhar o que envolve o processo de evaporação, o professor pode, por exemplo, explorar a área temática da unidade 1 da Física do 10º ano, cujas sub unidades são: Energia – do Sol para a Terra; A energia no aquecimento / arrefecimento de sistemas…

Na verdade quando estudamos a evaporação temos de considerar o balanço energético.

De acordo com Maciel *et al*. (2003) a Terra foi envolvida por uma camada atmosférica que contribuiu para que a temperatura média do planeta permitisse a existência de vida. Os oceanos e os mares foram aquecidos pelo Sol…

O processo de evaporação da água é importante no estudo do ciclo da água. A pressão parcial de vapor existente no ar húmido condiciona a humidade relativa. A evaporação consiste na mudança de estado físico (de líquido para vapor) e na transferência "líquida" (net transfer) do vapor de água para a atmosfera. De facto, segundo Dunne e Leopold (1978), a água que nos chega das chuvas pode percorrer diferentes "trajectórias" até chegar a lagos ou rios.

Durante os últimos 50 anos têm sido "criados" locais de grande reserva de água, nomeadamente lagos artificiais para armazenamento, irrigação, fornecimento municipal, arrefecimento industrial ou simplesmente para ornamento dentro de áreas residenciais.

Nestas circunstanciais a evaporação da água de lagos naturais ou artificiais permite a adopção de vários modelos para estimar a espessura de água evaporada.

Estes são alguns dos aspectos que condicionam o tema da Unidade 1 da Física do 10º ano. Num contexto global estudam-se os fenómenos de aquecimento quotidiano, começando-se pelo estudo do aquecimento da Terra, evidenciando o papel essencial da radiação solar e em seguida a compreensão da Lei da Conservação de Energia.

A energia no aquecimento e arrefecimento de sistemas é estudada assim como a energia necessária *Q*, para suscitar condições de mudança de fase, como por exemplo, a indicada pela expressão

$$Q = mL \tag{3.30}$$

em que *L* representa o calor de transformação e *m* a massa.

Se houver interesse, a expressão (3.30) pode ser também escrita na forma

$$E = \frac{Q'}{\rho L} \tag{3.31}$$

em que E representa a altura da coluna de água evaporada em unidades de comprimento, Q' a energia fornecida por unidade de área e ρ a massa volúmica do líquido.

Normalmente, os manuais escolares não relacionam a energia recebida e absorvida pela superfície evaporante com os fenómenos de mudança de fase que nela ocorrem.

Questões problema podem ser colocadas:

Será possível avaliar a espessura da coluna de água "perdida" de uma amostra de água recolhida no Vale das Furnas a uma determinada temperatura e deixada arrefecer até à temperatura ambiente**?**

Será que a taxa de arrefecimento é constante**?**

No contexto do problema é importante referir que a radiação solar é o factor mais importante para o ciclo de água, pois é a fonte de energia que origina e mantém o ciclo. A passagem das moléculas de água, da vizinhança da superfície de água para a atmosfera, é controlada pela diferença de tensão de vapor (pressão exercida pelo vapor em determinado volume) entre a camada da superfície de água e a atmosfera. A presença do vento pode favorecer a evaporação da "linha" de água por deslocar a camada adjacente de ar mais saturado na interface água/ar húmido.

A literatura da especialidade disponibiliza inúmeros métodos para estimar a evaporação de uma superfície livre [ver por exemplo, Gelabert (1984)].

A equação de balanço energético para o caso de um lago (caso de estudo mais geral) é dada por

$$\Delta Q_{lago} = Q_s - Q_{sr} - Q_{lw} - Q_h - Q_e - Q_{ve} + Q_v \qquad (3.32)$$

em que Q_s representa a radiação solar incidente ou radiação global, Q_{sr} a radiação solar reflectida, Q_{lw} a radiação devida à massa de água para a atmosfera sob a forma de onda comprida, Q_h o calor transferido da massa de água para a atmosfera por efeitos de turbulência, Q_e a energia utilizada na evaporação, Q_v a energia aduzida para o lago por escoamento de água, Q_{ve} a

energia cedida pela massa de água através da água evaporada e, ΔQ_{lago} a variação da energia armazenada no lago.

Um dos processos mais usados para estimar a evaporação é a partir da utilização de tinas evaporimétricas constituídas por reservatórios de água, colocados nas estações meteorológicas clássica e, expostos às condições atmosféricas. Existem vários tipos, sendo mais generalizado o U. S. Weather Bureau Class "A".

A tina evaporimétrica de classe "A" é um reservatório circular de chapa de ferro galvanizada, de aproximadamente 122 cm de diâmetro e 25 cm de profundidade, com a superfície livre de água exposta às condições atmosféricas. Este reservatório está sobre um estrado de madeira, que por sua vez é colocado sensivelmente a 15 cm do solo.

O desnível da superfície livre da água entre duas leituras (por exemplo, de 24 em 24 horas) permite conhecer a diferença em mm de coluna de água (mmca) que evaporou. Como o reservatório está sujeito às condições atmosféricas é necessário, para o mesmo período de tempo, conhecer o valor da precipitação.

Desta forma conhece-se o valor de coluna de água que passou ao estado de vapor. O valor pode ser investigado usando a expressão (3.32) e fazendo, como é óbvio, $Q_v = 0$. Sendo assim, no caso de uma tina evaporimétrica, tem-se

$$\Delta Q_{tina} = Q_n - Q_h - Q_e - Q_{ve} \tag{3.33}$$

em que a radiação útil, Q_n, do ponto de vista de evaporação, é dada por

$$Q_n = Q_s - Q_{sr} - Q_{lw} \tag{3.34}$$

A radiação solar incidente ou radiação global, Q_s, pode ser determinada através da expressão,

$$Q_s = I_0\left(0.29\cos\lambda + 0.52\frac{n}{N}\right) \tag{3.35}$$

em que I_0 representa a radiação solar média recebida num plano horizontal no limite da atmosfera (valor que pode ser consultado em tabelas da literatura da especialidade), n número registado de horas de Sol, N o número máximo de horas possíveis de Sol e λ a latitude do lugar.

A radiação solar reflectida, Q_{sr}, é calculada pela expressão

$$Q_{sr} = \alpha Q_s \tag{3.36}$$

em que α indica o albedo da superfície (fracção de energia que é reflectida). Para a água o valor típico aceite é $\alpha = 0{,}06$.

A energia "perdida" para a atmosfera, Q_{lw}, pode ser avaliada a partir da lei de Stefan-Boltzmann corrigida com dados do ar húmido e dada por

$$Q_{lw} = \sigma T^4 \left[0.56 - 0.08\sqrt{e_s(T) HR}\right]\left(0.1 + 0.9\frac{n}{N}\right) \tag{3.37}$$

em que, T representa a temperatura média do ar, σ representa a constante de Boltzmann (=1.17×10^{-7} cal.cm^{-2}.K^{-4}.dia^{-1}), HR a humidade relativa do ar e $e_s(T)$ a pressão parcial de vapor de água (em hPa) à temperatura T.

Em alternativa, a radiação útil, Q_n, pode ser obtida através da utilização de um instrumento de medida chamada de radiómetro.

O calor transferido da massa de água para a atmosfera por efeitos de turbulência, Q_h, é dado por

$$Q_h = Q_e\left\{0.66\frac{p(T - T_w)}{1000[e_s(T) - e_s(T_w)]}\right\} \tag{3.38}$$

em que *p* representa a pressão atmosférica (hPa), Q_e a quantidade de energia gasta na evaporação, T_w a temperatura do termómetro molhado e $e_s(T_w)$ a pressão parcial de vapor à temperatura T_w.

A energia utilizada na evaporação, Q_e, é dada pelo produto entre a massa de água evaporada e o calor de transformação. Assim sendo, a energia por unidade de superfície é dada

$$Q_e = \rho L E \tag{3.39}$$

em que $L = 590$ cal.g^{-1} ou $L \cong 2{,}5 \times 10^6$ J.kg^{-1} é um valor típico aceite para a atmosfera, ρ a massa volúmica da água e *E* a altura ou espessura de água evaporada no processo.

A energia retirada da tina pela água evaporada, Q_{ve}, é calculada por

$$Q_{ve} = \frac{Q_e}{L} c(T - T_0) \tag{3.40}$$

em que T_0 é considerada uma temperatura de referência (pode ser escolhida arbitrariamente) e *c* a capacidade térmica mássica da água.

Finalmente, por manipulações matemáticas e considerando como desprezável ΔQ_{tina} (de acordo com diversos autores é uma boa aproximação), a evaporação, *E*, medida em altura de coluna de água, é determinada através da expressão

$$E = \frac{Q_n}{\rho L \left[1 + 0.66 \frac{p(T - T_w)}{1000[e_s(T) - e_s(T_w)]} + \frac{c}{L}(T - T_0) \right]} \tag{3.41}$$

A expressão (3.41) é semelhante à expressão (3.31). De notar que os valores das variáveis dependentes e independentes da expressão (3.41) são

registados numa estação meteorológica clássica instalada na zona de estudo ou representativas da zona de estudo.

Na zona das Furnas usamos água retirada de uma caldeira a determinada temperatura (próxima dos 100 ºC) e avaliou-se, tendo em consideração o estado do tempo, a espessura em altura de coluna de água que evaporou até condições próximas do equilíbrio térmico (condições higrométricas do ar húmido).

Consideramos que esta análise pode ser apresentada como questão problema de resolução aberta, numa perspectiva de ensino por pesquisa.

Se a experiência for realizada em ambiente fechado onde é conhecida a temperatura e humidade relativa do ar, será que durante o processo de arrefecimento a humidade relativa do ar aumenta**?**

Será que este aumento está em concordância com o valor da água evaporada**?**

3.8 Qualidade do ar no Vale das Furnas

A poluição do ar está no topo da lista das preocupações ambientais. A poluição pode ter origem humana, poluição antropogénica, mas pode também ter origem natural, resultante de processos naturais como poeiras, nevoeiros marítimos, cinzas provenientes de incêndios, pólenes e putrefacção ou fermentação natural e ainda gases vulcânicos.

Os gases emitidos pelos vulcões podem ser libertados em zonas localizadas, como o caso das crateras activas ou fumarolas, ou de modo difuso, através dos solos.

Cada vez que ocorre uma alteração geoquímica e física, alteram-se as emissões gasosas, como por exemplo aquando de sismos ou aumento/diminuição de pluviosidade.

Existe um vasto conjunto de emissões naturais associadas às manifestações vulcânicas nas Furnas, algumas delas com potencial impacto na saúde pública e clima da região. Nesse sentido, torna-se oportuno avaliar o índice da qualidade do ar naquele local.

O índice de qualidade do ar é uma ferramenta que permite a sua própria classificação simples e compreensível. Este índice foi desenvolvido para poder

traduzir a qualidade do ar, especialmente das aglomerações existentes no País, mas também de algumas áreas industriais e cidades (http://www.qualar.org/INDEX.PHP?page=1&subpage=8: disponível em 5 de Junho de 2008).

São cinco os poluentes englobados no índice de qualidade do ar, a saber: medidos segundo a média horária o dióxido de azoto (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e o ozono (O_3); medido segundo a média diária as partículas inaláveis ou finas, cujo diâmetro médio é inferior a 10 μm (PM_{10}) e medido segundo a média registada durante 8h consecutivas o monóxido de carbono (CO).

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente – Qualidade do ar (IQar) o ar que respiramos afecta a saúde das populações e principalmente dos grupos sensíveis cuja capacidade respiratória se encontra em formação ou debilitada (crianças, idosos e doentes asmáticos).

No seu sítio (http://www.qualar.org/INDEX.PHP?page=1&subpage=8) é disponibilizado um quadro com alguns conselhos de saúde em função do índice de qualidade do ar IQar, mencionando também as condições meteorológicas normalmente associadas.

Os valores indicados como referência, em termos de patamar de tolerância, são registados a partir de sensores e colecta de partículas em locais considerados representativos.

Os gases vulcânicos incluem vapor de água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ácido sulfídrico hidrogénio (H_2S), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF), os quais, em certas condições, podem constituir uma importante ameaça para a população, em especial para aquela com problemas respiratórios e de coração (Coch, 1995).

A título informativo, consideramos pertinente apresentar a Figura 3.4, adaptada de Ferreira e Oskarsson (1999), na qual se indica uma colecção de dados de alguns gases emitidos, em mol %, recolhidos no campo fumarólico da Lagoa das Furnas em 1991 e 1992.

Na Figura 3.4, LG representa a designação do local da amostra recolhida (campo fumarólico) e aammdd representa o ano, mês e dia da recolha.

amostra	CO_2	H_2S	CH_4	H_2	N_2	$O_2 + Ar$
LG910510	92.50	0.034	0.0129	0.950	60164	0.335
LG910604	98.73	0.326	0.0018	0.103	0.658	0.177
LG910604	98.81	0.325	0.0024	0.138	0.603	0.122
LG910618	98.88	0.443	0.0021	0.121	0.412	0.138
LG910618	98.45	0.477	0.0020	0.119	0.728	0.220
LG910704	98.84	0.434	0.0019	0.125	0.442	0.153
LG910704	98.94	0.441	0.0019	0.117	0.380	0.125
LG910729	98.59	0.467	0.0019	0.123	0.623	0.196
LG910729	98.55	0.546	0.0021	0.124	0.567	0.209
LG910812	99.01	0.436	0.0019	0.109	0.341	0.098
LG910812	98.84	0.402	0.0019	0.125	0.464	0.165
LG910826	99.19	0.472	0.0019	0.100	0.208	0.031
LG910826	99.18	0.458	0.0019	0.102	0.218	0.036
LG910909	99.22	0.493	0.0016	0.084	0.174	0.030
LG910909	99.07	0.460	0.0019	0.106	0.308	0.058
LG910924	98.60	0.439	0.0017	0.109	0.687	0.166
LG910924	98.83	0.680	0.0018	0.104	0.484	0.108
LG911008	99.00	0.546	0.0022	0.118	0.238	0.035
LG911008	99.11	0.528	0.0021	0.107	0.218	0.034
LG911025	98.95	0.481	0.0021	0.114	0.391	0.065
LG920128	99.08	0.387	0.0026	0.133	0.358	
LG920128	99.02	0.377	0.0020	0.110	0.428	

Figura 3.4 – Gases recolhidos (mol %) no campo fumarólico da Lagoa das Furnas

Uma vez que os gases vulcânicos se diluem rapidamente na atmosfera pela acção do vento, fazendo com que os teores observados sejam inferiores ao nível de toxicidade crítica, os principais danos causados por estes localizam-se, em geral, próximo das bocas eruptivas e nos campos fumarólicos (Ortiz e Araña, 1996).

O nariz humano detecta qualitativamente odores e substâncias alergénicas presentes no ar, como por exemplo o ácido sulfídrico (H_2S) emitido pelas fumarolas vulcânicas que tem um cheiro forte, semelhante ao cheiro dos "ovos podres", e o dióxido de enxofre (SO_2), que possui, uma coloração amarelada, e um odor característico e muito irritante.

No entanto existem substâncias que o nariz humano não detecta como por exemplo o monóxido de carbono ou o dióxido de carbono.

O dióxido de carbono é um gás, inodoro e incolor, que quando se encontra em baixas concentrações, por ser rapidamente diluído na atmosfera, não representando por isso, um perigo potencial para a saúde pública Contudo, em excesso, sendo mais pesado do que o ar, tende a acumular-se em zonas mais baixas, como vales e em depressões quando não há vento que promova a sua dispersão. Quando a concentração de CO_2 ultrapassa os 30%, pode causar ou induzir o estado de inconsciência ou até mesmo a morte.

O monóxido de carbono é um dos principais poluentes atmosféricos. É um gás incolor, inodoro e altamente tóxico para os seres humanos. Ao ser inalado, entra nas vias respiratórias nos pulmões, onde vai "competir" com o oxigénio nas suas ligações às moléculas de hemoglobina do sangue, pois liga-se à hemoglobina de forma irreversível, impedindo que o oxigénio se fixe, podendo assim vir a provocar a morte por asfixia. Pelo facto deste gás, não ter cheiro e, ser incolor e provocar a sonolência a pessoa pode ficar intoxicada sem tão pouco se aperceber.

A poluição atmosférica é a grande responsável pela alteração do balanço energético da superfície da Terra e pelo crescente aumento de doenças respiratórias no mundo industrializado (IPCC, 2001; IPCC, 2007). Perceber quanto se emite e como se dispersam esses poluentes pode levar a pesquisar soluções para esse problema ambiental.

Avaliar a poluição atmosférica permite hierarquizar a qualidade do ar em diferentes locais, procurando explorar as suas condicionantes, e apreciar a própria sazonalidade da poluição atmosférica, propósitos que se revestem de particular relevância no âmbito da sustentabilidade ambiental e, em particular, da sensibilização para necessidade de monitorizar ou reduzir a poluição atmosférica e de promover uma melhoria da qualidade do ar.

Uma vez que a qualidade ambiental diz respeito às percepções e preocupações das pessoas com o seu ambiente ou contexto, ela constitui uma matéria subjectiva em que estão contempladas opiniões que facilmente se dividem em função do grau de informação de que dispõe (i.e. científicas/senso comum) e das posições políticas económicas e ideológicas perfilhadas ou outras.

Genericamente, a qualidade ambiental pode ser avaliada a partir de indicadores de natureza distinta que correspondem às grandes componentes do ambiente: física, química, biológica, estética e social.

A um nível elementar podemos recorrer aos nossos sentidos para avaliar se consideramos ou não um ambiente atractivo. A título de exemplo consideremos os indicadores estéticos como a beleza, a limpeza, o ruído, o cheiro, o movimento, a conservação das construções, etc.

Os indicadores sociais também são interessantes na medida em que a maioria das actividades desenvolvidas ao ar livre está condicionada pelas condições atmosféricas e pela qualidade do ar.

Porém, a nível científico, para avaliar a qualidade ambiental torna-se necessário avaliar as características ambientais recorrendo a uma observação mais informada e sistemática e a instrumentos mais complexos que permitem maior rigor de medida. A sua avaliação pode, portanto, produzir dados qualitativos e quantitativos, úteis para compreender os impactos das intervenções do homem no ambiente ou mesmo de causas naturais.

Segundo a proposta do Ministério de Educação na disciplina de Ciências Físico-Químicas apela-se para a implementação de experiências educativas onde o aluno desenvolva atitudes inerentes ao trabalho em Ciência.

Os temas organizadores devem ser explorados numa perspectiva interdisciplinar, em que a interacção Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente deverá constituir uma vertente integradora e globalizante da organização e aquisição de saberes científicos.

Neste contexto, são apresentados no próximo capítulo diferentes estudos de caso, realizados no Vale das Furnas.

Estes estudos estão em concordância com o citado por Fachada *et al*. (2002). Estes autores mostram, no tema organizador “Terra em Transformação” e no seu sub tema “energia”, que uma das fontes de energia à nossa disposição é a própria Terra. No interior da Terra encontra-se o magma a elevada temperatura e que se manifesta através de fenómenos como as erupções vulcânicas, cuja energia ainda não se conseguiu armazenar. Todavia, em S. Miguel (Açores), por exemplo, utiliza-se esta forma de energia para cozinhar alimentos. É, então, sugerida, para a exploração de conteúdos, a realização de uma pesquisa sobre as Furnas da ilha de S. Miguel, no arquipélago dos Açores. Tentaremos dar, nesta dissertação, um contributo positivo.

Capítulo IV

Actividades experimentais exteriores à Sala de aula

Capítulo IV

4. Actividades experimentais exteriores à Sala de aula

4.1 Caracterização do local do estudo

As Furnas, local eleito para o desenvolvimento da metodologia aqui proposta, apresenta singularidades justificadas pela conjugação de características naturais e culturais, que a distinguem de outras, no contexto regional, e lhe conferem um carácter único a nível nacional e internacional.

As Furnas localizam-se na Ilha de S. Miguel, uma das nove ilhas do Arquipélago dos Açores.

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Oceano Atlântico, entre 36º e 43º de latitude Norte e 25º e 31º de longitude Ocidental, a uma distância de cerca de 1600 km do continente europeu. É composto por nove ilhas e diversos ilhéus, dispostas ao longo de um conjunto de alinhamentos tectónicos de orientação geral WNW-ESE. As ilhas do arquipélago dos Açores estendem-se por uma faixa com cerca de 600 km de extensão e em função do seu posicionamento relativo organizam-se em três grupos distintos: o Oriental, formado pelas ilhas de São Miguel, Santa Maria e os Ilhéus das Formigas, o Central, pelas ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial, e o Ocidental, pelas ilhas das Flores e do Corvo.

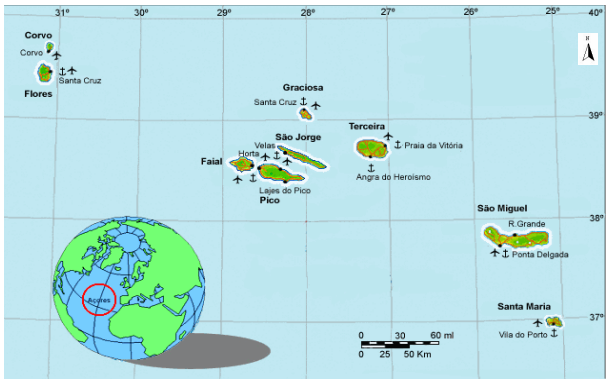

Figura 4.1 – Localização geográfica do Arquipélago do Açores

Como se mostra na Figura 4.2, adaptada por Nunes (1999), as ilhas dos Açores emergem da denominada Plataforma dos Açores, uma extensa elevação submarina de forma aproximadamente triangular, definida pela curva batimétrica dos 2000 metros (Ferreira, 2000).

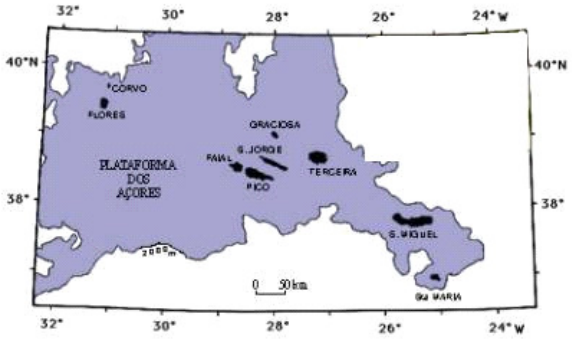

Figura 4.2 – Representação esquemática da Plataforma dos Açores

Sob o ponto de vista geoestrutural, esta região do Atlântico Norte é dominada pela junção tripla definida pelas placas litosféricas Americana, Eurasiática e Africana, facto que se reflecte na presença de importantes estruturas tectónicas, como se indica na Figura 4.3.

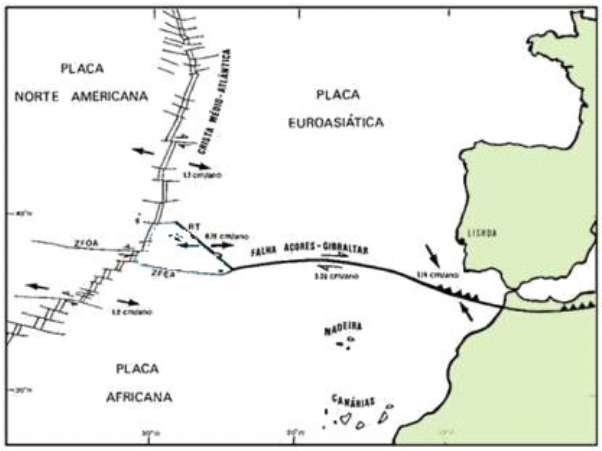

Figura 4.3 – Principais estruturas tectónicas da região dos Açores (Nunes, 1999)

A junção tripla dos Açores apresenta-se como uma região tectonicamente muito complexa, onde confluem vários alinhamentos importantes.

Ferreira (2000) refere os detalhes inerentes às principais estruturas que se desenvolvem na região nomeadamente à Crista Médio – Atlântica, à zona de factura Este dos Açores e ao *Rift* da Terceira. A ilha de S. Miguel, sendo também afectada pelo *Rift* da Terceira, apresenta falhas de direcção predominantemente WNW-ESE a E-W, como se indica na Figura 4.4, cuja intersecção com as de orientação NW-SE determina a localização dos vulcões centrais existentes na ilha.

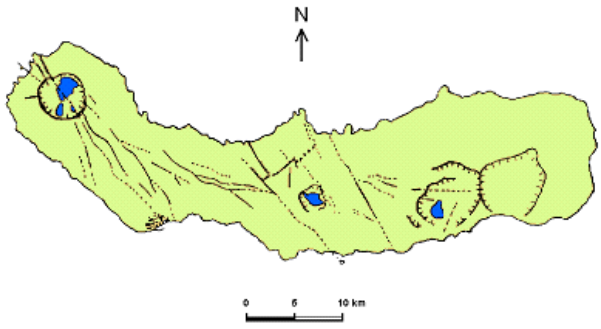

Figura 4.4 – Principais estruturas tectónicas da ilha de S. Miguel

Considerando os três vulcões centrais activos da ilha de S. Miguel, o vulcão das Furnas é aquele que se situa mais a Oriente. Caracteriza-se por apresentar duas caldeiras embutidas que formam uma importante estrutura deprimida (Guest *et al*., 1999). O principal sistema tectónico que atravessa o maciço vulcânico tem direcção geral WNW – ESSE demonstrando uma nítida componente normal provavelmente associada a uma componente de desligamento direito. Algumas das condutas vulcânicas aparecem alinhadas com esta direcção. Por outro lado, a orientação de alguns vales sugerem a existência de falhas de orientação E-W. Um outro importante sistema de fracturas que está patente na costa Sul, desde as amoras até à Ribeira Quente, caracteriza-se pela direcção N-S e (N) NE-(S)SW. Uma outra estrutura distensiva, com direcção NW-SE, surge paralelamente ao sistema de fracturas regional do *Rief* da Terceira (Gaspar *et al*., 1995; Guest *et al*., 1999).

O vulcão das Furnas é considerado um dos vulcões mais activos e perigosos dos Açores. Ao longo da sua história eruptiva, tem apresentado todos os tipos de actividade eruptiva, desde erupções explosivas a erupções explosivas

com a formação de caldeira. Este vulcão manifesta uma história eruptiva com cerca de 100000 anos, marcada por eventos efusivos a explosivos que envolveram uma grande variedade de estilos eruptivos. Nos últimos 5000 anos este vulcão foi palco de, pelo menos, 10 erupções explosivas, duas das quais já em tempos históricos (Guest *et al*., 1999).

Actualmente, as manifestações vulcânicas do vulcão das Furnas, como se ilustra na Figura 4.5, são marcadas pela presença de quatro campos fumarólicos principais e várias nascentes termais e de águas frias gaseificadas, reflexo do sistema hidrotermal que lhe está associado (Sousa, 2003; Viveiros, 2003). No interior da caldeira situam-se os campos fumarólicos da Lagoa das Furnas, da freguesia das Furnas e da zona da Ribeira dos Tambores; o campo fumarólico da Ribeira Quente, localizado no flanco Sul do vulcão, abrange diversos focos dispersos ao longo da ribeira com o mesmo nome (Ferreira, 2000).

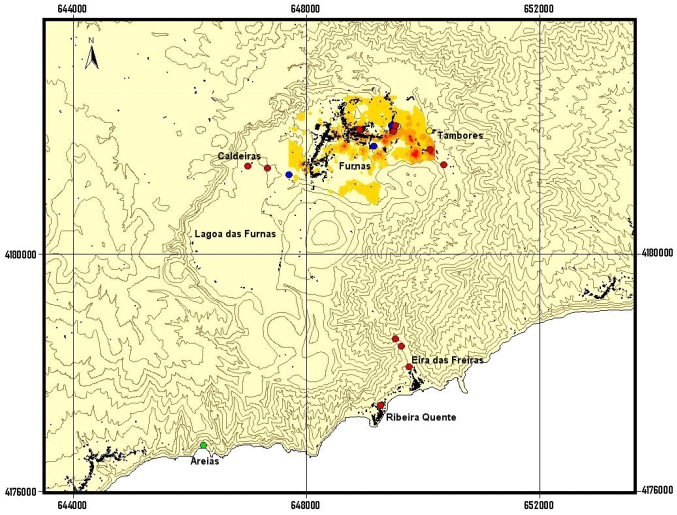

Figura 4.5 – Áreas de desgaseificação do Vulcão das Furnas (• - fumarolas; • - nascentes termais; • - nascentes de água fria gaseificada; • - desgaseificação difusa). Os tons laranja limitam a mancha de desgaseificação difusa na freguesia das Furnas

O arquipélago dos Açores tem um clima temperado marítimo. A variabilidade do estado do tempo está, em muito, associada às oscilações em latitude do Anticiclone dos Açores e das perturbações da Frente Polar. A conjugação da insularidade, do relevo, que de uma maneira geral é bastante

acidentado e vigoroso, e a corrente do golfo do México são factores que determinam as características do clima temperado marítimo açoriano.

4.2 Aspectos históricos – culturais e vivenciais das Furnas

"...Um clérigo, a que não pude saber o nome, veio com os primeiros povoadores…; dali a dias, desejando ver de perto e saber que coisa era uma língua de fogo que sobre o ar aparecia e saia da terra, …chegou sobre as Furnas, a uma alta cumeada, de que elas da parte do oriente estão cercadas, da qual descobriu primeiro que ninguém o lugar donde o fogo delas saía…"

Gaspar Frutuoso, in"Saudades da Terra"

O povoamento das Furnas iniciou-se no vale, junto ao actual aglomerado das Furnas em 1637, com a fixação de jesuítas apoiados por colonos, sendo o local elevado a freguesia em 1791.

As principais actividades incluem a agro-pecuária, a fruticultura e a silvicultura em virtude das características microclimáticas, fertilidade do solo e humidade, e turismo estando-lhe associado a hotelaria e restauração.

Já no Século XVIII, as Furnas eram consideradas uma estância de Veraneio por excelência, visitada por locais e estrangeiros, atraídos pelos magníficos cenários decorrentes pela diversidade e riqueza da vegetação, pela riqueza hidrológica, com numerosas nascentes minerais e termais, de diversos sabores e temperaturas bem como pelas fumarolas, e pela gastronomia que lhes estão associadas, como o cozido das Caldeiras e o bacalhau à moda das Furnas, com um sabor e aspecto muito peculiar que fazem com que estes constituem um ex-libris desta região (proposta de classificação "*Paisagem protegida das Furnas*" Ilha de S. Miguel. Direcção Regional do Ambiente, 2007).

Este local é palco de encontros sociais, pois é típico, na ilha, as famílias se juntarem para uma refeição na margem da lindíssima e serena Lagoa das Furnas, espaço contíguo ao local onde estão os "covas naturais", a que designaremos, na nossa dissertação, de "fornos naturais".

A comida é colocada numa panela fechada, não sendo adicionado quaisquer temperos. A panela enterrada no solo (introduzida nos "fornos naturais") permite cozer os alimentos com o "calor" que aflora das profundezas da Terra, o vapor, dando um excelente cozinhado completamente natural. Segundo

informações locais o cozido demora aproximadamente sete horas e o bacalhau quatro horas.

Dos produtos locais de relevo há ainda a referir os inhames de "lameiro"e os bolos lêvedos.

Foi no Século XVIII, que teve início a construção de jardins e parques que implicaram uma cuidada artificialização dos elementos naturais para fins recreativos e de lazer. Inúmeras plantas foram introduzidas pela moda do coleccionismo botânico através dos circuitos de trocas estabelecidos à escala planetária. Aos parques e jardins estão associados edificações de elevado valor patrimonial como por exemplo o actual parque Terra Nostra. Este espaço de excepcional beleza e valor é o resultado acumulado de várias intervenções e melhoramentos iniciados nos finais do Século XVIII e continuado até aos dias de hoje. No lugar da actual casa do Parque foi construída uma "cottage" a primeira casa de veraneio das furnas, por Thomas Hicking, um norte-americano residente em Ponta Delgada que se encantou com este local.

Do artesanato destaca-se os trabalhos realizados em vimes. Interessante é informar que estes vimes são previamente cozidos nas Caldeiras (de água).

4.3 Estudos de caso

Quem visita o Vale das Furnas fica maravilhado com o que ali é possível observar. Junto à Lagoa das Furnas existe uma "plataforma" que é usada para vários fins, sendo a mais divulgada a "cozinha natural" ou "*fornos naturais*".
Questões problema podem ser levantados. A explicação dos fenómenos observados, em laboratório natural e céu aberto, pode permitir um melhor ensino/aprendizagem.

Partilhamos da convicção que o ensino fora do contexto de sala de aula, o espaço não formal, e através de actividades exteriores à sala de aula é mais eficaz por desenvolver competências e cultivar uma "banda larga" de conhecimento científico.

Nesta perspectiva, na visita ao Vale das Furnas, surgiu a questão problema:

***Porque razão os "fornos naturais" são localizadas em determinadas áreas da "plataforma"*?**

Para responder, pensamos numa primeira actividade experimental a que chamamos de "padrão térmico de uma região".

4.3.1 Padrão térmico de uma região

Nesta actividade pretende-se conhecer como se "situam" as isotérmicas (linhas caracterizadas com a mesma temperatura) numa região e como este padrão pode ser usado no ensino.

Estudamos uma região, com uma área superior a 600 m^2 e de forma rectangular (comprimento superior a 30 m e uma largura superior a 20 m) por conveniência do terreno. onde estão localizados alguns "fornos naturais".

***Como conhecer e estudar o padrão das isotérmicas, à superfície terrestre*?**

Nesta actividade recorremos aos seguintes materiais e instrumentos de medida:

- fio norte "tipo sapateiro";
- fita métrica;
- termómetros de mercúrio;
- diversos termopares;
- multímetro;
- sensores de temperatura;
- termohigrómetro;
- martelo;
- pedras de marcação (postos de observação);
- papel e esferográfica.

Para a realização da actividade experimental seguimos o seguinte procedimento experimental:

- marcou-se o fio, dando "nós", de 3 em 3 metros com o auxílio da fita métrica;
- estendeu-se o fio em linha recta e com a ajuda do martelo marcaram-se os postos seleccionados de observação (de três em três metros);

- nas marcações feitas pelo martelo colocaram-se pedras de referência (para facilitar a observação visual da localização do posto de observação);
- marcaram-se em forma rectangular uma área de mais de 30 m de comprimento e mais de 20 m de largura. Foram usados cerca de 70 postos de observação formando uma grelha de pontos colocados à distância uns dos outros de 3 m;
- a grelha foi traçada numa folha de papel e foi considerada uma referência para cada posto de observação (seriam registados dados em diferentes dias);
- registaram-se as temperaturas da superfície, de todos os postos de observação, introduzindo as pontas dos sensores a uma profundidade de cerca de 5 cm da superfície terrestre;
- registou-se, também, a temperatura e a humidade relativa do ar a um nível de cerca de 1,20 m (local abrigado da radiação solar directa);
- registaram-se diferentes temperaturas em profundidade para as "cozinhas naturais" – são buracos cilíndricos com cerca de 100 cm de profundidade e com parede feita a partir de "manilha" de betão;
- foram registados dados para o dia 6, 7 e 8 (duas leituras) de Fevereiro de 2008.

A Figura 4.6 mostra parte da região de observação e de estudo e instrumentos de medida usados. Na figura do lado esquerdo é visível um "forno natural", onde se observa um pouco da "manilha" de betão que está exterior à superfície terrestre.

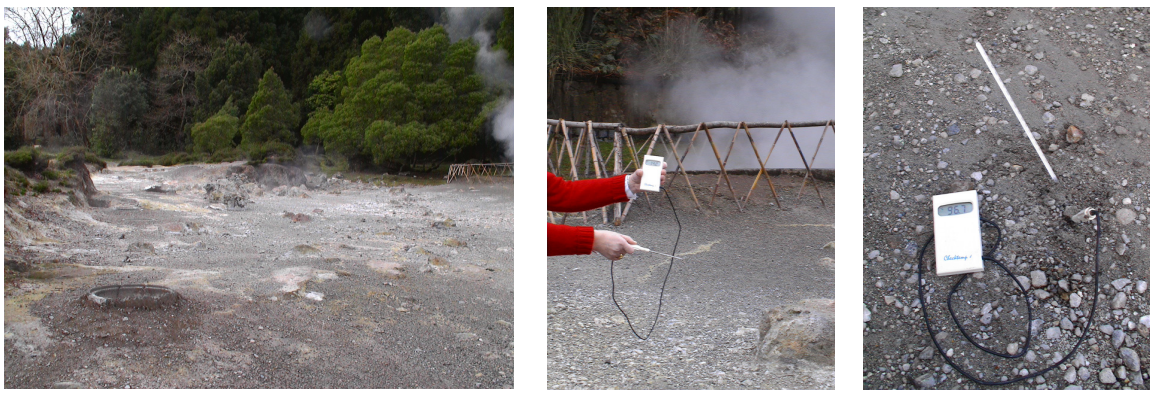

Figura 4.6 – Superfície de estudo e instrumento de medida

A Figura 4.7 mostra a construção da grelha dos postos de observação e um primeiro teste de registo.

Figura 4.7 – Grelha de marcação de postos de observação e teste de registo

Na Figura 4.8 são mostradas duas fases de medição em postos de observação diferentes. É interessante a diferença de temperaturas que se regista em dois postos de observação (36,0 ºC e 96,7 ºC).

Figura 4.8 – Registo de temperaturas em dois postos de observação

Tratamento dos dados registados

Criou-se um ficheiro de dados usando a Microsoft Excel.

O padrão térmico da região seleccionada, com cerca de 600 m^2, foi determinado a partir do uso da ferramenta MATLAB versão 7.1.

A Figura 4.9 mostra o resultado obtido para um primeiro cenário de padrão térmico. De notar que tinha chovido e que a superfície terrestre estava húmida. As isotérmicas indicadas na figura mostram de forma inequívoca o que a observação poderia traçar. Este resultado apresenta isotérmicas de valor inferior ao de um dia com superfície seca e de céu limpo.

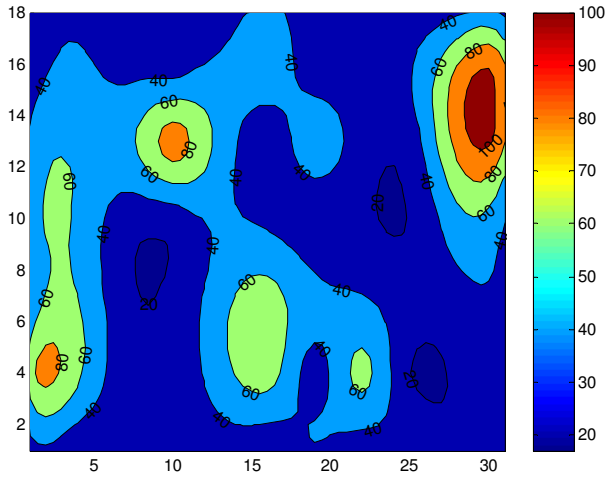

Figura 4.9 – Padrão da superfície seleccionada: dia 6 de Fevereiro às 17 horas

A zona à esquerda da Figura 4.9, definida até à abcissa de valor de cerca de 5 e até à ordenada de valor de cerca de 14 mostra uma "*ilha de calor*" cuja temperatura superficial atinge valores próximos de 80 ºC. Nesta zona estão localizados três "*fornos naturais*". Existe um quarto "*forno natural*" na ordenada de cerca de 18.

Cerca de 30 de abcissa e no corredor da ordenada existem vários "*fornos naturais*". A "*ilha de calor*" que se observa é de uma caldeira, onde não se podem localizar "*fornos naturais*". Nesta "*ilha*", a observação visual pode admirar a grande taxa de evaporação que se regista. A Figura 4.7, no seu lado esquerdo, mostra esta "*ilha*" e as fumarolas.

A Figura 4.10 mostra o resultado obtido para a segunda recolha de dados (2º dia). A superfície terrestre apresentava um aspecto mais seco. As linhas da figura confirmam a existência de isotérmicas com valor superior ao do dia anterior.

Como se esperava, o padrão térmico encontrado está em concordância com o primeiro registo, valorizando por isso algumas considerações anteriormente referidas.

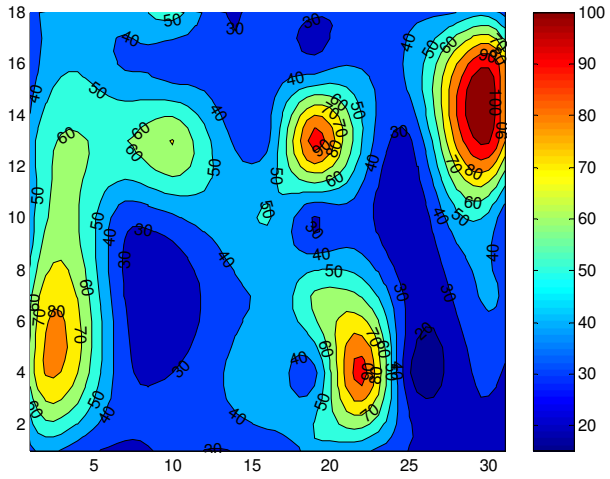

Figura 4.10 – Padrão da superfície seleccionada: dia 7 de Fevereiro às 11 horas

A observação visual da Figura 4.10 sugere que entre a abcissa 20 à 23 existem zonas de "*ilha de calor*" e susceptíveis de serem bons "*fornos naturais*".

O dia 8 de Fevereiro foi favorecido com condições de tempo bastante diferentes.

O céu durante a manhã apresentava-se limpo ou seja sem nebulosidade. A radiação solar directa interceptada pela superfície de estudo permitiu a evaporação de água presente na superfície terrestre tornando-a no início da tarde com um aspecto mais seco.

Esperava-se obter um padrão muito próximo da realidade, em que a presença de água não condicionasse o deslocamento espacial e valor das isotérmicas. Para este dia adoptou-se, por conveniência, o registo de dados às 15 e 16 horas.

A Figura 4.11 mostra o resultado obtido para a terceira recolha de dados e para as 15 horas e a Figura 4.12 mostra o padrão obtido para as 16 horas.

A observação visual do padrão térmico obtido para o dia 8 de Fevereiro às 15 e 16 horas é semelhante e confirma os padrões anteriormente obtidos, para

um tempo atmosférico diferente. Como seria esperado, o padrão térmico à superfície é parcialmente condicionado pelas condições atmosféricas.

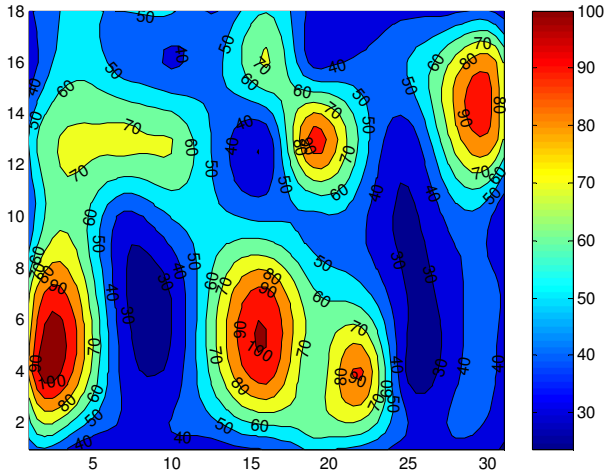

Figura 4.11 – Padrão da superfície seleccionada: dia 8 de Fevereiro às 15 horas

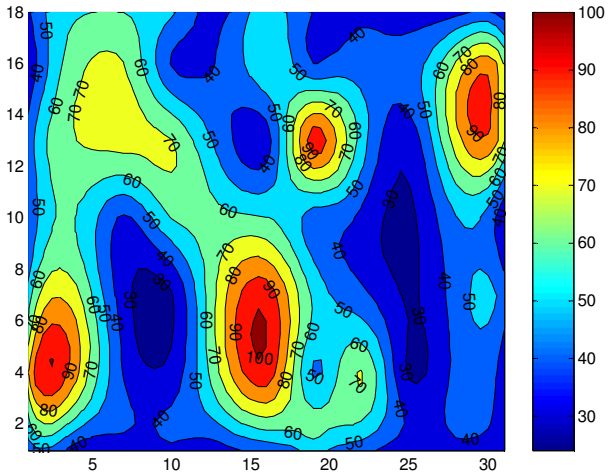

Figura 4.12 – Padrão da superfície seleccionada: dia 8 de Fevereiro às 16 horas

Assim, podemos concluir que a região estudada deverá apresentar alguma dinâmica da temperatura muito próxima do padrão obtido para o dia 8.

A observação visual confirma as conclusões anteriormente obtidas e indicia uma sub-região localizada nas cotas de abcissa entre cerca de 13 e 23 e de ordenada entre cerca de 3 a 8, e uma sub-região localizada nas cotas de abcissa entre cerca de 17 a 23 e de ordenada entre 11 e 15. Interessante é o facto de que

nestas sub-regiões não estavam implantados "*fornos naturais*". Por outro lado, há "*fornos naturais*" que foram implantados em zonas em que a sua eficiência energética é duvidosa, como por exemplo, entre as abcissas 25 a 30 e as ordenadas 2 a 10.

A sub-região definida pelas cotas de abcissa entre cerca de 4 a 10 e de ordenada entre 12 e 15 parece indicar uma zona interessante para a eventual implementação de "*fornos naturais*" (Talaia *et al*., 2008).

Importância das isotérmicas numa região à superfície

A unidade temática Mudança Global faz referência ao clima e à previsão de tempo.

A questão que se pode colocar é a seguinte.

***Que relação existe entre o padrão térmico encontrado para determinada região e a unidade temática Mudança Global*?**

É sabido que o parâmetro meteorológico temperatura faz parte daqueles que permitem definir o clima de determinada região. As isotérmicas traçadas numa carta de superfície a partir de dados registados em diferentes estações meteorológicas (por exemplo, pela rede nacional de estações do Instituto de Meteorologia) são análogas ao padrão térmico traçado no Vale das Furnas.

Nestes termos, o que se faz, por exemplo, para o continente português é o mesmo que se fez no Vale das Furnas. No continente usam-se dados registados em estações meteorológicas uniformemente distribuídas ao longo do território, no Vale das Furnas usaram-se cerca de 70 postos de observação, ou seja, no nosso caso, cada registo de um posto de observação corresponde a um registo da temperatura do ar de uma estação meteorológica clássica.

A Figura 4.13 mostra no seu lado esquerdo a situação registada no Vale das Furnas e no seu lado direito a situação para Portugal (disponível no dia 24 de Junho de 2008: http://www.meteo.pt/pt/observacao/superficie/observacaoEmaGeral.jsp?regiaoRadio=14&regiao=14&tipoObs=temp).

Neste contexto, o aluno passa a entender a importância da existência de uma grelha de estações meteorológicas clássicas e automáticas devidamente espalhadas sobre o território nacional.

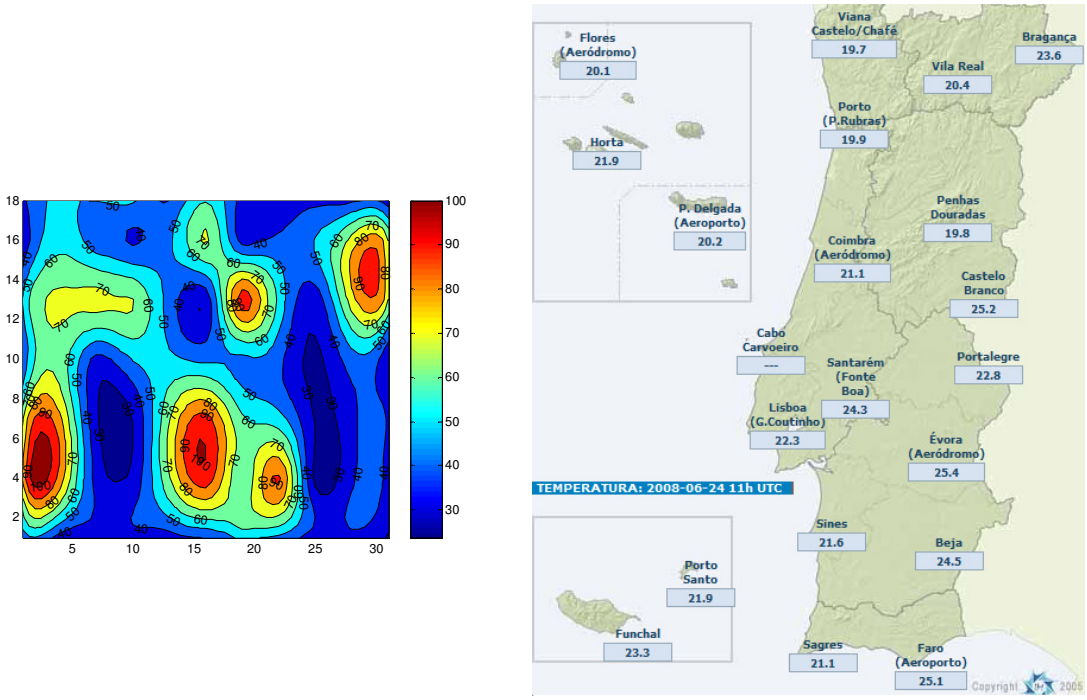

Figura 4.13 – temperaturas (isotérmicas – Vale das Furnas; dados – continente)

Se agora, considerarmos a temperatura do ar acerca de 5 cm acima do solo no Vale das Furnas e se considerarmos uma pressão próxima de uma atmosfera (é uma hipótese aceitável em termos de "condição fronteira inicial" de estudo), é possível introduzir uma nova questão problema:

***Será que é possível avaliar a densidade do ar a cerca de 5 cm acima da superfície terrestre e conhecer como essa variação pode condicionar correntes de convecção e a formação de centros de alta e baixa pressão*?**

Considere-se que a atmosfera ao nível 5 cm acima da superfície terrestre apresenta a mesma temperatura do solo. Esta aproximação é correcta e aceitável, pois o teste de registo efectuado mostrou que os valores registados são próximos.

Aplicando as expressões (3.04) e (3.07) e considerando que a pressão parcial de vapor se pode desprezar em face da pressão atmosférica (é uma boa aproximação para o estudo da atmosfera) resulta

$$p = \rho_a R_a T \qquad (4.01)$$

em que $p \cong 10^5$ Pa, $R_a = 287{,}1$ J.kg^{-1}.K^{-1} e $T = T_{ar} + 273{,}15$ K, com T em ºC.

A Figura 4.14 mostra para o dia 6 e 7 a massa volúmica do ar para a mesma região de estudo e a 5 cm acima da superfície terrestre.

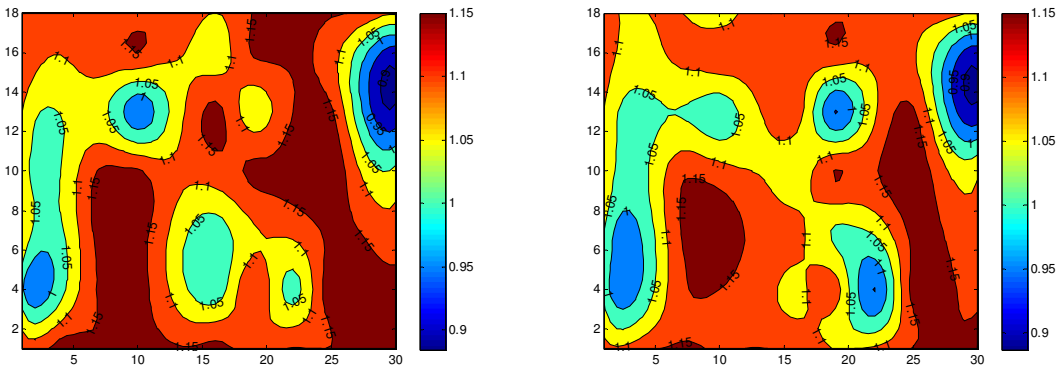

Figura 4.14 – Padrão da massa volúmica do ar: dias 6 e 7 de Fevereiro

Como era esperado, nas zonas em que existem "*ilhas de calor*" a massa volúmica do ar é inferior e nas zonas mais frias a massa volúmica do ar é superior. Esta situação pode ser explicada, tendo em consideração a definição de *capacidade térmica mássica* do solo. Considerando esta como constante, para diferentes quantidades de energia fornecidas registam-se diferentes aumentos de temperatura. A camada de ar adjacente é influenciada por essa temperatura. Maiores temperaturas tornam as camadas adjacentes mais "leves" o que acontecendo geram uma zona de baixa pressão. Menores temperaturas tornam as camadas mais "densas" geram uma zona de alta pressão.

A circulação do ar será das zonas de maior massa volúmica para as zonas de menor massa volúmica, ou seja de um centro de alta pressão para um centro de baixa pressão, fisicamente falando, há convergência do movimento do ar. Nestas circunstâncias o ar é obrigado a ascender na zona das "ilhas de calor" onde a massa volúmica do ar é menor criando as chamadas correntes de convecção ascendentes. O contrário se dá para as zonas mais frias, a corrente é descendente, provocando divergência do movimento do ar.

A Figura 4.15 mostra o padrão da massa de ar para os dois registos do dia 8 de Fevereiro. A observação visual confirma o padrão para a massa volúmica do ar para a região em estudo (Resendes *et al*., 2008a).

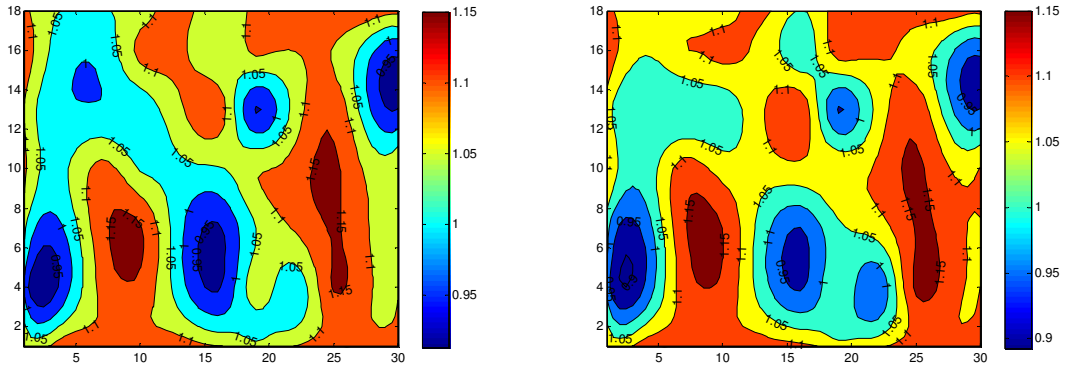

Figura 4.15 – Padrão da massa volúmica do ar: dia 8 de Fevereiro (dois registos)

4.3.2 Perfil térmico em profundidade de um "forno natural"

Nesta actividade pretende-se conhecer como varia a temperatura em profundidade de um "*forno natural*".

Como anteriormente referido, o padrão térmico do solo à superfície ao longo do ano permite adoptar estratégias para se obterem os melhores "*fornos naturais*" que condicionam um tempo de cozedura não demasiado longo. Por exemplo, segundo opiniões locais, cada "*forno natural*" tem as suas próprias performances de cozedura de alimentos. Um bom forno permite que um *cozido à portuguesa* esteja "pronto" em cerca de sete horas.

Assim, para se conhecer o perfil térmico em profundidade, ao longo do ano, seria necessário instalar vários termómetros de profundidade a diferentes níveis. Como em geral a profundidade dos "*fornos naturais*", para a preparação de cozidos, usando duas panelas, é cerca de 100 cm, os termómetros poderiam ser localizados em quadro níveis de profundidade (5 cm, 20 cm, 50 cm e 100 cm). A técnica de instalação seria igual a que se usa nas estações meteorológicas clássicas para se conhecer o perfil térmico de uma região ao longo do ano (dá boas indicações para o momento das sementeiras ou plantações, de acelerar ou

retardar o desenvolvimento de culturas, de controlar certas doenças das plantas, etc.).

A partir da análise dos perfis térmicos em pontos de observação devidamente seleccionados numa grelha, seria possível conhecer o padrão térmico em profundidade. Os resultados permitiriam implantar "*fornos naturais*" nos melhores locais. Se, eventualmente, a transferência de energia sob a forma de calor alterasse, o que se considera normal, facilmente se adoptaria nova estratégia de implantação.

É sabido que a capacidade de absorção de energia, a capacidade térmica mássica e a condutividade calorífica de um solo dependem da sua cor, textura e teor em matéria orgânica. Solos arenosos aquecem e arrefecem mais rapidamente do que os outros, em virtude da areia apresentar uma menor capacidade térmica mássica e maior condutividade calorífica.

Uma questão problema surge:

***Como o conhecimento do "clima" de um solo pode ajudar a implantar "fornos naturais", como o caso do Vale das Furnas*?**

Para responder à questão, realizámos varias actividades usando registos, em diferentes "*fornos naturais*", à superfície e no interior do forno (ao nível da superfície e em profundidade).

A Figura 4.16 mostra a recolha de dados usando um sensor de temperatura de profundidade em dois "*fornos naturais*".

Em termos gerais, os "*fornos naturais*" têm uma profundidade em média de 90 cm. Para aumentar a capacidade energética alguns "*fornos naturais*" tinham a cerca da metade da profundidade (45 cm) 5 furos de alimentação de vapor (uniformemente distribuídos) e a cerca de 80 cm de profundidade 4 furos de alimentação de vapor (uniformemente distribuídos). O fundo é de terra e a parede lateral é de "manilha" de betão. O diâmetro interno da "*manilha*" é variável e o seu valor situa-se entre 58-62 cm e a sua parede apresenta uma espessura de cerca de 6 cm.

Em função da profundidade do "*forno natural*" é possível colocar no forno uma ou duas panelas de cozinho. Uma tampa de madeira é usada para tapar a boca do forno, que depois é coberta com alguma terra. Os materiais ou utensílios

necessários para as tarefas são: um carro de mão, terra, uma pá, uma enxada tipo sacho e um tirante apropriado de ferro.

Figura 4.16 – Registo de valores em "fornos naturais"

A Figura 4.17 mostra o início da abertura de um "*forno natural*" coberto de terra onde se observam dois termopares e a tampa de madeira do forno, já sem terra.

Figura 4.17 – "*Forno natural*": duas fases de abertura

O "*forno natural*" que se mostra na Figura 4.17 não estava implantado na zona que se avaliou o padrão térmico da superfície, por isso não se podem comparar valores registados de temperatura. Por estar em funcionamento (é um "*forno*" que é usado por um restaurante local – por curiosidade informamos que o nosso almoço passou por "provar" esse excelente cozido) e aproveitamos a sua abertura para registar alguns dados de temperatura.

Nas Figura 4.18 e 4.19 mostramos, a título de exemplo, valores da temperatura registados em diferentes momentos e na abertura da tampa. Os valores da temperatura mais altos estão associados a tomas ou saídas de vapor.

Figura 4.18 – "Forno natural": valores da temperatura antes da abertura

Figura 4.19 – Valores da temperatura depois da abertura – dois momentos diferentes

Para se conhecer o perfil térmico em profundidade da região investigada usaram-se alguns "*fornos naturais*" que estavam implantados na plataforma de estudo (Rodrigues *et al.*, 2008a).

Para a recolha de dados usaram-se os seguintes materiais e instrumentos de medida:

- fita métrica;
- diversos termopares;
- papel e esferográfica.

Para a realização da actividade experimental seguimos o seguinte procedimento experimental:

- registaram-se valores da temperatura em diferentes níveis, desde a superfície até ao "fundo" do forno, com o auxílio de uma fita métrica e termopares de profundidade;
- consideraram-se, também, as tomas ou furos de alimentação de vapor, quando presentes nas "*manilhas*" de betão.

Para o "*forno natural* 1" a Figura 4.20 indica o perfil térmico em profundidade, da atmosfera interior ao "*forno*". Chama-se a atenção que o "*forno*" não estava a ser usado e que a sua atmosfera interior estava em contacto directo com a atmosfera "livre".

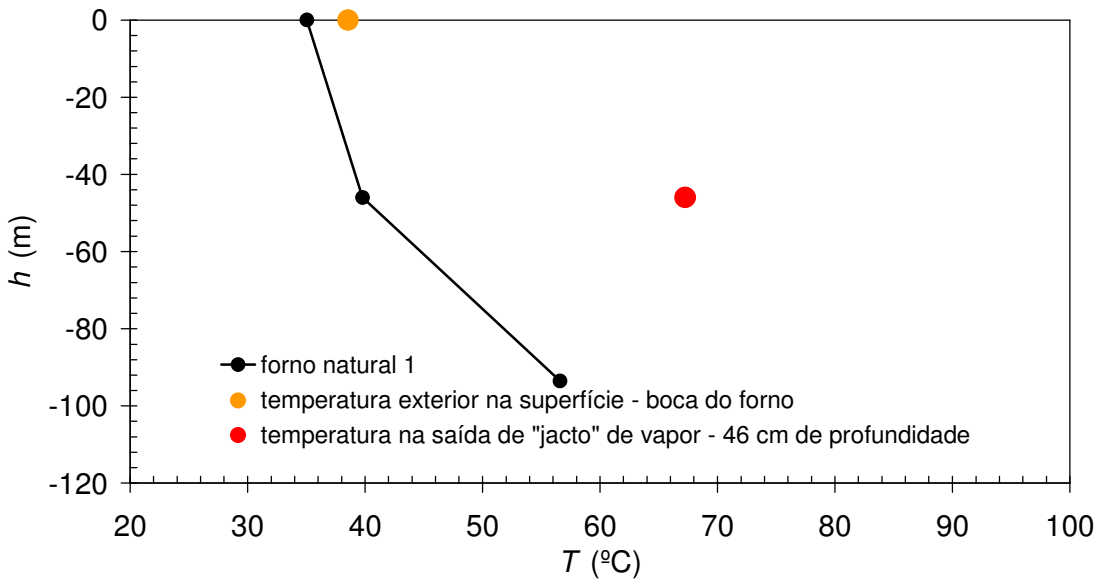

Figura 4.20 – Perfil térmico e alguns dados do "*forno natural* 1"

Os pontos circulares a "negro" representam valores médios medidos, no nível correspondente, para a atmosfera interior no "*forno*". A linha traçada de cor "negra" mostra que a temperatura aumenta com a profundidade. O ponto circular a "caramelo" indica a temperatura exterior do "*forno*" à superfície (profundidade de cerca de 5 cm). Como seria esperado (caso geral sem alimentação de "vapor de água"), a temperatura registada na terra (exterior ao "forno") é superior (uma diferença de 3,5 ºC) à temperatura medida (ao mesmo nível) no interior do "forno".

Esta situação indica que há transferência de energia, em forma de calor, do exterior (da terra e por condução através da parede da "manilha" de betão) para o interior do "*forno*", cuja parede interior está em contacto directo com a atmosfera do forno. O ponto circular a "vermelho" indica a temperatura registada a um nível de 46 cm de profundidade. A temperatura registada é diferente da registada e indicada pelo ponto circular a "negro", porque refere-se a uma saída de vapor. Estas saídas são feitas na "*manilha*" de betão em níveis estratégicos (normalmente metade da profundidade do "*forno*" – ajuda quando se usam duas panelas) para aumentar a transferência de energia (deixa de haver só condução através da parede da manilha de betão).

A diferença de temperatura registada ao nível de 46 cm (ponto a "vermelho" e ponto a "negro") é de 27,5 ºC. De notar que esta diferença se justifica pois ao nível do fundo a temperatura medida não esta relacionada com nenhum jacto de saída de vapor. A temperatura interior medida à superfície é influenciada pela temperatura da atmosfera livre e pela alimentação do vapor em profundidade.

Uma questão problema pode ser colocada:

***Se a diferença de temperatura de 3,5 ºC a cerca de 5 cm de profundidade não sofrer variação no tempo, será possível avaliar a quantidade de energia, sob a forma de calor, por condução na parede da manilha de betão*?**

Para responder, a noção de *condutividade térmica* (propriedade física dos materiais que descreve a habilidade de "*conduzirem*" calor) deve ser introduzida. A condutividade térmica mede a "rapidez" com que se efectua a transferência de energia sob a forma de calor por condução. Esta temática pode ser apresentada, por exemplo, na unidade temática "*Energia no Quotidiano*", na secção "*Mecanismos de Transferência de Calor*", leccionada na Física do 10º ano de escolaridade.

A quantidade de energia sob a forma de calor que atravessa por segundo, por exemplo, uma parede, depende dos seguintes factores:

- é directamente proporcional à área da parede, A;

- é directamente proporcional à diferença de temperaturas entre o interior, T_1, e o exterior, T_2.;
- é inversamente proporcional à espessura, Δx, da parede.

Assim sendo, a energia transferida sob a forma de calor por segundo, por condução, pode ser determinada usando a expressão

$$\frac{Q}{\Delta t} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x} \qquad (4.02)$$

em que $\frac{Q}{\Delta t}$ representa a energia transferida sob a forma de calor por segundo expressa em [W], k a condutividade térmica [$W.m^{-1}.ºC^{-1}$], A a área [m^2], ΔT a diferença de temperatura [ºC] e Δx a espessura [m].

A expressão (4.02) pode ser escrita numa forma diferente, quando se introduz a noção de *coeficiente de condutividade térmica* (característica da natureza do material que corresponde à quantidade de energia, sob a forma de calor, que passa, num segundo, através de 1m² de superfície, quando a diferença de temperatura entre o interior e o exterior é de 1 ºC), vindo

$$\frac{Q}{\Delta t} = UA\Delta T \qquad (4.03)$$

em que U representa o coeficiente de condutividade térmica [$W.m^{-2}.ºC^{-1}$].

A condutividade térmica e o coeficiente de condutividade térmica relacionam-se através da expressão

$$U = \frac{k}{\Delta x} \qquad (4.04)$$

A questão problema pode ser solucionada a partir de um modelo simples e com algumas aproximações:

- a parede da "*manilha*" de betão considera-se plana (é apenas uma aproximação);

- as temperaturas registadas no interior e no exterior da parede da manilha de betão são consideradas como lidas na superfície da parede interior e exterior;
- a diferença de temperatura de 3,5 ºC, entre a superfície interior e a superfície exterior da parede, considera-se como constante (assumindo que existem variações desprezáveis);
- a espessura da parede é de 6 cm;
- a condutividade térmica do betão é de 1,7 $W.m^{-1}.ºC^{-1}$;

Aplicando a expressão (4.02) permite avaliar a quantidade de energia sob a forma de calor por segundo e por unidade de área que atravessa a parede plana de betão,

$$\frac{Q}{A\Delta t} = 1{,}7\,\frac{3{,}5}{0{,}06} \Leftrightarrow \frac{Q}{A\Delta t} = 99{,}2\ \text{W.m}^{-2} \qquad (4.05)$$

Parece-nos uma actividade muito interessante, pois os alunos podem a partir de diferentes valores registados à superfície para diferentes "*fornos naturais*" investigar o que apresenta maior potência por unidade de área.

Agora, se tomarmos como válido o valor de $\Delta T = 3{,}5$ ºC até uma profundidade de 20 cm e considerando o comprimento da parede πD (lembre que assumimos ser parede plana), a área de uma das faces da parede será 0,38 m^2.

Nestes termos, a quantidade de energia sob a forma de calor por segundo que atravessa a parede plana de betão é

$$\frac{Q}{\Delta t} = 1{,}7\,\frac{3{,}5}{0{,}06}\,0{,}38 \Leftrightarrow \frac{Q}{\Delta t} = 37{,}7\ \text{W} \qquad (4.06)$$

Ao fim de cada hora pode-se afirmar que a quantidade de energia necessária durante o processo é de 135,7 kJ.

O aluno pode desenvolver diversas competências quando compara o valor estimado indicado na expressão (4.06) com o valor da potência das lâmpadas que usa na sua casa. Pode ainda, comparar com valores de potência dissipada no

isolamento da sua casa (por exemplo portas de madeira, janelas de vidro simples ou duplo, e outros), recorrendo à expressão (4.03) e a valores do coeficiente de condutividade térmica indicados em tabelas disponíveis em diversos manuais escolares.

A verdade é que para envolver e motivar os alunos em diversas estratégias de ensino para além do contexto de sala de aula, através de actividades exteriores à sala de aula, o professor deve inicialmente desenvolver aquilo que se chama de "*banda larga*" de conhecimento científico.

Voltando aos "*fornos naturais*", é interessante mostrar diferentes perfis térmicos em profundidade, como indica a Figura 4.21.

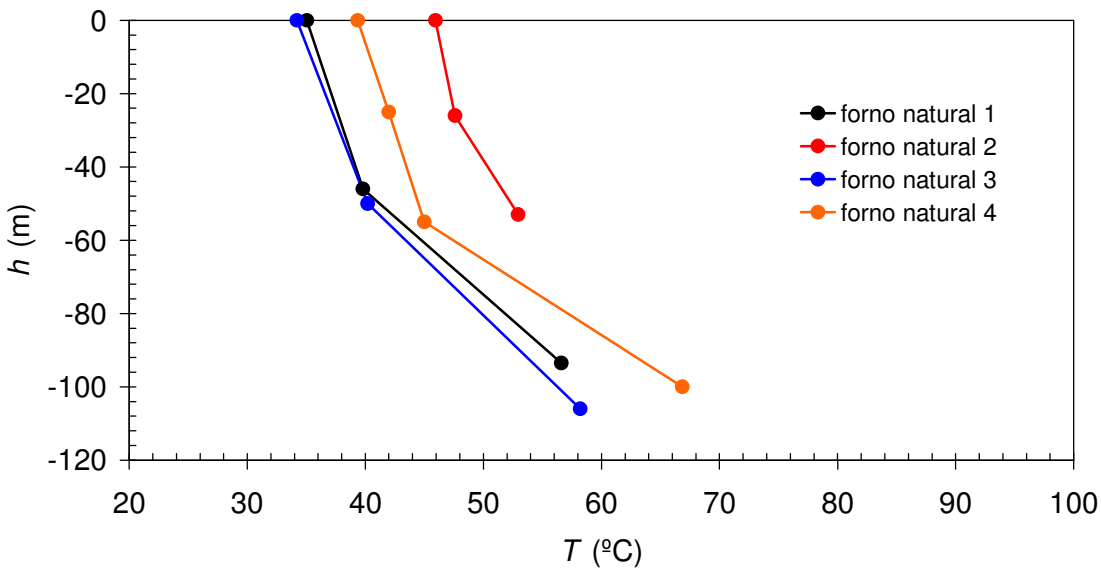

Figura 4.21 – Perfis térmicos para diferentes "*fornos naturais*"

Os fornos referenciados com os algarismos 1; 3 e 4 localizam-se na área de estudo (avaliação da padrão térmico à superfície). O "*forno natural* 2" localiza-se numa outra área e só é apresentado por ter uma profundidade cerca de metade do que é habitual. É um forno que apenas permite que seja usada uma panela (tem cerca de metade da profundidade) e não apresenta "*furos*" ou jactos de vapor de alimentação.

4.3.3 Evaporação de um corpo de água – caldeira das Furnas

Nesta actividade pretende-se conhecer a taxa de evaporação da água de uma caldeira, num local, onde se regista uma determinada temperatura da água (próxima de 100 ºC).

Como já referimos, no Vale das Furnas da ilha de São Miguel (Açores) é possível observar um espectáculo maravilhoso denominado de fumarolas. Estas têm por base a presença de grande quantidade de vapor de água que ascende na atmosfera. A Figura 4.22 mostra, no seu lado esquerdo, uma situação de fumarola em que, também, está presente a investigadora professora. Visualmente observa-se que a atmosfera deixa de ser transparente, devido à presença de grande quantidade de vapor de água.

Figura 4.22 – Situações de fumarolas

Uma questão problema que se coloca é a seguinte:

***Será possível avaliar a espessura da coluna de água (perdida) de uma amostra de água recolhida no Vale das Furnas a uma determinada temperatura e deixada arrefecer até à temperatura ambiente*?**

***Será que a taxa de arrefecimento é constante*?**

No contexto da questão é importante referir que a taxa de evaporação depende das condições higrométricas da atmosfera envolvente.

Na Figura 4.23 mostram-se duas gravuras do local da recolha de água da caldeira das Furnas. O lado esquerdo mostra uma situação de registo da temperatura da água de 96,2 ºC, quando se usa o termopar (sensor de temperatura), e o lado direito uma situação de registo, quando se usa um

termopar e um voltímetro (no momento da fotografia regista uma diferença de potencial de 3,1 mV).

Nesta actividade experimental foram usados termopares simples que foram calibrados contra valores de um termómetro.

Um termopar simples é constituído por dois fios condutores de electricidade feitos com substâncias diferentes e soldados nas extremidades. Se estas estiverem a temperaturas diferentes há deslocamento de electrões, gerando-se no circuito, uma corrente eléctrica cuja força electromotriz ($fem \equiv \zeta$) é função dessa diferença de temperatura.

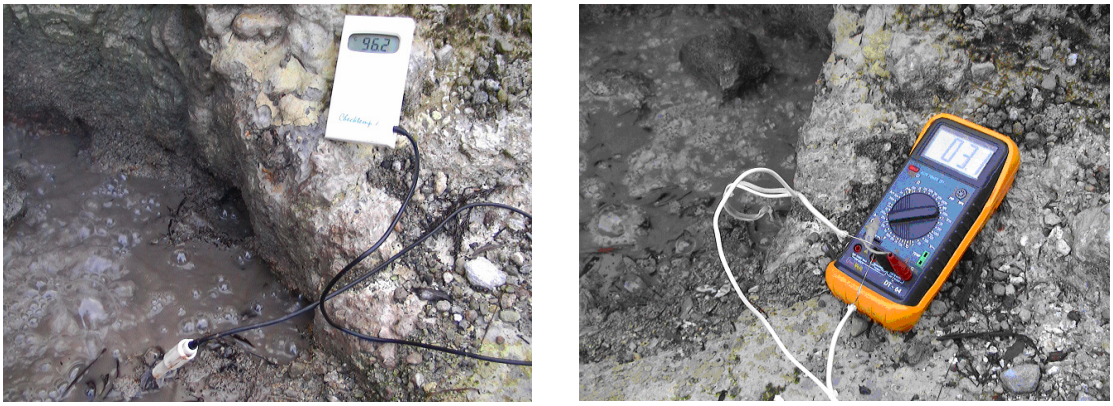

Figura 4.23 – Processos de avaliar a temperatura da água da caldeira das Furnas

Na Figura 4.24, os pontos "redondos" correspondem aos dados experimentais ou seja aos pares de valores (T, ζ) e a linha a "negro" a calibração entre as duas variáveis com um coeficiente de correlação de 0,9997.

Conforme se indica na Figura 4.24, a curva de calibração obtida e usada foi a seguinte

$$T = -0{,}798\zeta^2 + 25{,}120\zeta \qquad (4.07)$$

em que T é expressa em ºC e ζ em mV.

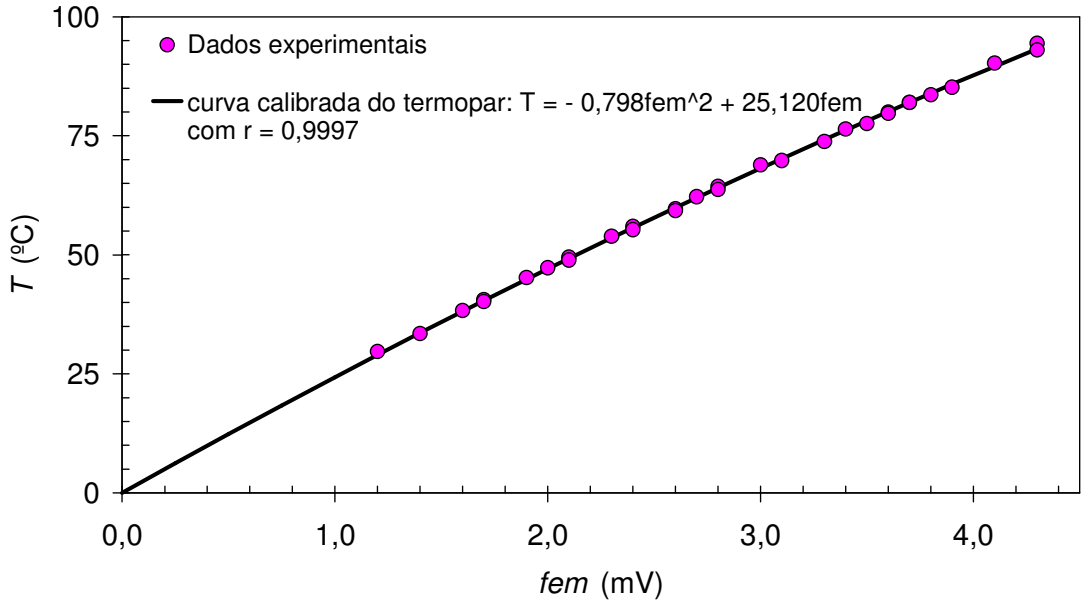

Figura 4.24 – Curva de calibração e valores registados por termómetro e termopar simples

Foram consideradas duas amostras de água, uma de uma caldeira do Vale das Furnas e outra da rede pública. O interesse era saber se havia diferença de valores durante o arrefecimento.

A Figura 4.25 indica o arrefecimento no tempo para as duas situações.

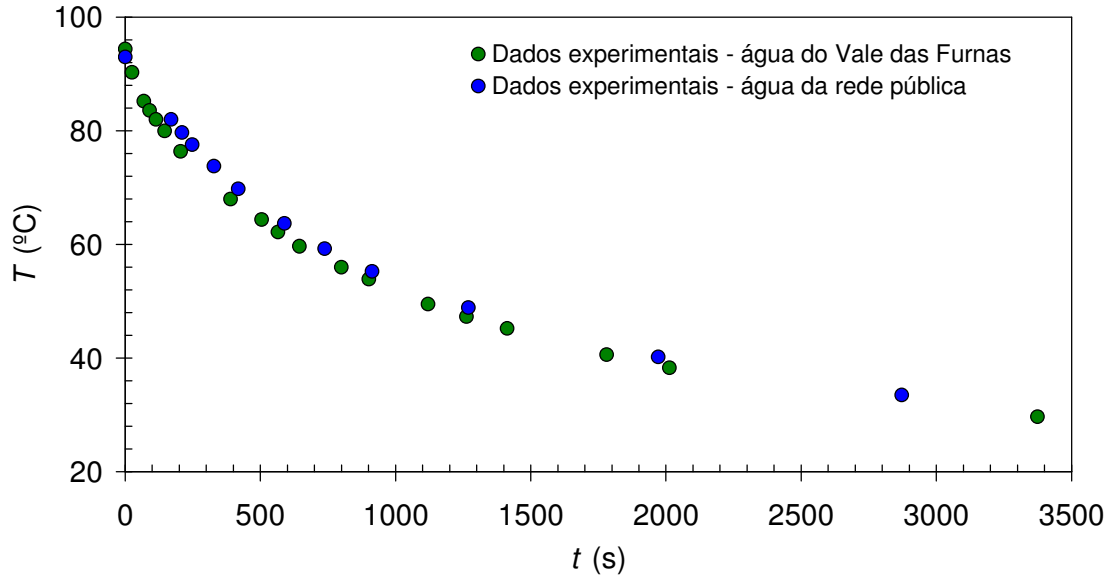

Figura 4.25 – Processos de arrefecimento para duas amostras diferentes de água

A observação visual da Figura 4.25 sugere que há diferença, mesmo que pequena, na taxa de arrefecimento das duas amostras estudadas (água de uma caldeira e água da rede pública). De salientar *que não era objectivo* desta dissertação fazer uma investigação pormenorizada destas eventuais diferenças.

A Figura 4.26 indica a taxa de arrefecimento das duas amostras de água. A cor "azul" representa os dados referentes à água da rede pública, e a cor "verde", os dados referentes à água de uma caldeira do Vale das Furnas. A observação da figura mostra que até cerca de 150 s, a taxa de arrefecimento da água da caldeira apresenta valores muito superiores. Acima de cerca de 150 s, ambas as amostras sugerem um padrão muito próximo de arrefecimento.

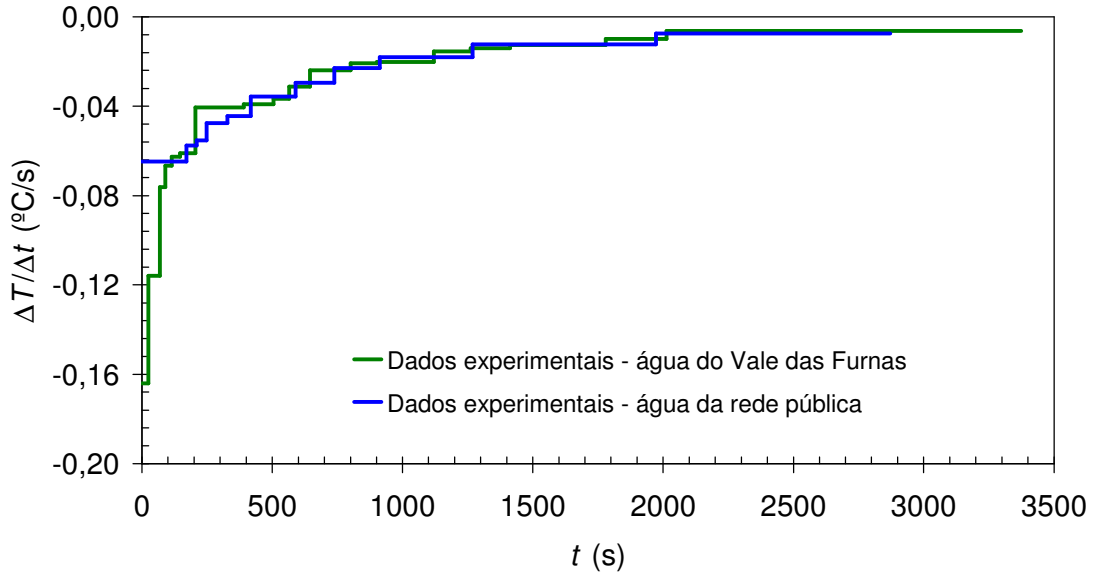

Figura 4.26 – Taxa de arrefecimento para as amostras diferentes de água

A conclusão da diferença entre as taxas de arrefecimento de ambas amostras é corroborada quando se usa, para as duas amostras de água, um intervalo de tempo de arrefecimento até 150 s com valor inicial de $t = 0$ s e valor final de $t \cong 150$ s. Esta situação é indicada na Figura 4.27.

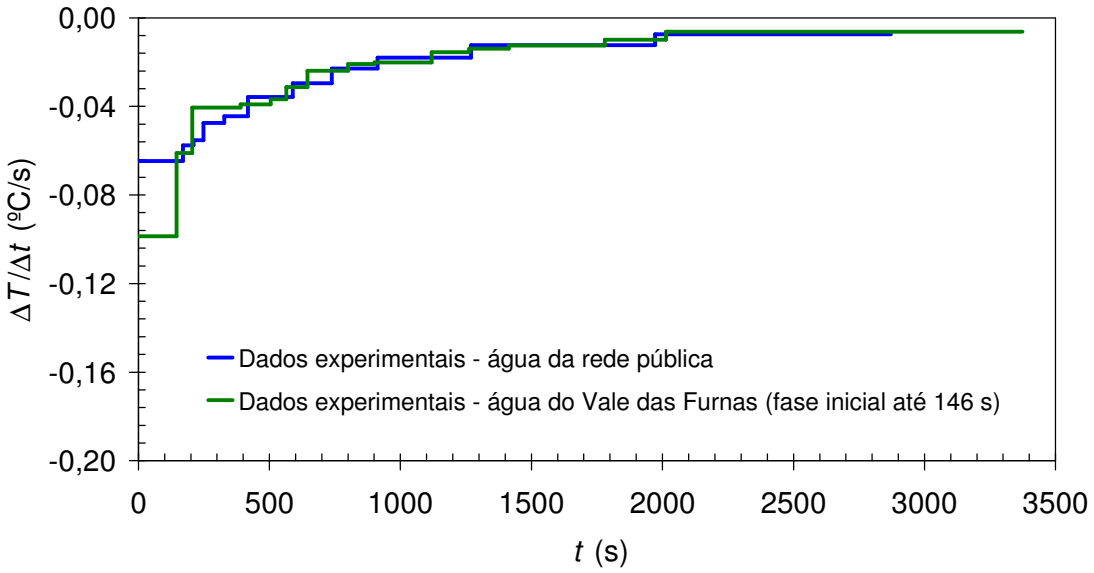

Figura 4.27 – Situação quando se usa a mesma diferença de tempo no "início" (para 150 s)

A observação da Figura 4.27, mostra de maneira inequívoca que a taxa de arrefecimento durante os primeiros 150 s é maior para a água proveniente de uma caldeira do Vale das Furnas. O valor é de $-0{,}0986\,ºC.s^{-1}$ em face de $-0{,}0647\,ºC.s^{-1}$ para a água proveniente da rede pública. Assim, nos primeiros 150 s, a temperatura da água de uma caldeira diminui cerca de 14,8ºC enquanto a água da rede pública diminui cerca de 9,7ºC (Resendes *et al.*, 2008b).

Mediu-se a quantidade de água evaporada para as duas situações, ou seja quando se deixa arrefecer a água (1000 mL) até cerca da temperatura ambiente (como se mostra na Figura 4.25). Os valores medidos foram: para a água da rede pública 115 mL e para a água da caldeira 173 mL. As massas volúmicas determinadas experimentalmente (usou-se uma balança digital e uma proveta) foram: para a água da rede pública 0,991 $g.cm^{-3}$ e para a água da caldeira 0,988 $g.cm^{-3}$.

Na actividade experimental foram usados vários instrumentos a seguir indicados: balança digital, provetas graduadas, termopares simples, sensor de temperatura (para controlo), fonte de energia, "tina de evaporação" de 240 mm de diâmetro interno constante, máquina de calcular e cronómetro. A Figura 4.28 mostra instrumentos de medida e materiais usados.

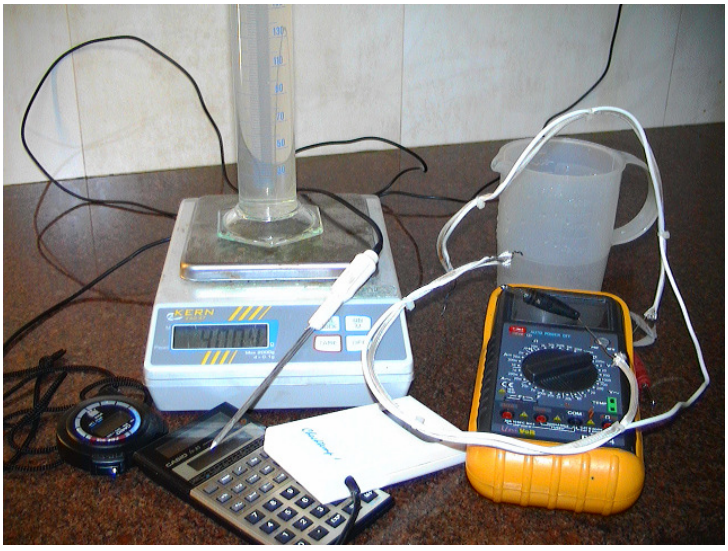

Figura 4.28 – Instrumentos de medida e materiais usados: mudança de fase

Uma questão problema que surge agora:

***Será que é possível determinar a quantidade de vapor de água que altera o estado higrométrico do ar húmido, quando se "injecta" na atmosfera uma quantidade de vapor de água conhecida, quando se mantém a temperatura do ar húmido*?**

melhor dizendo

***Será que a humidade relativa do ar aumenta quando se "injecta" na atmosfera uma "quantidade de água" no estado de vapor e se mantém a temperatura do ar húmido*?**

São questões problema que devem merecer atenção por parte dos profissionais que leccionam a unidade temática "Mudança Global" do 8º ano de escolaridade.

Consideremos um exemplo real registado e controlado:

Quantidade de água que *passou* do estado líquido $\rightarrow$ vapor: 115 g

Temperatura do ar húmido (no *início* do processo): $T = 19{,}0\,^{\circ}\mathrm{C}$;

Humidade relativa do ar *antes* da "injecção de vapor" no ar húmido: 68%;

Temperatura do ar húmido (no *final* do processo): $T = 19{,}0\,^{\circ}\mathrm{C}$;

Humidade relativa do ar *depois* da "injecção de vapor", por evaporação, no ar húmido: 73%;

A primeira informação é que a humidade relativa do ar aumentou 5%, ou seja de 68% para 73%.

***Será que este aumento, da humidade relativa do ar, foi condicionado pela "injecção" de 115 g de água (por evaporação) no ar húmido*?**

por outras palavras

***Será que a temperatura de ponto de orvalho foi afectada (por ter aumentado) de tal modo que condicionou o aumento da humidade relativa do ar*?**

Assumindo que a pressão atmosférica à superfície é cerca de 10^3 hPa, é possível avaliar a massa volúmica do ar seco, usando a expressões (3.04) e (3.08).

Assim,

$$\rho_a = \frac{10^5}{287{,}1(19{,}0 + 273{,}1)} \Leftrightarrow \rho_a = 1{,}19 \text{ kg.m}^{-3} \qquad (4.08)$$

A pressão parcial de saturação para uma $T = 19{,}0\,^{\circ}\text{C}$ é determinada usando a Equação de Clausius Clapeyron (3.19) ou por consulta de tabelas.

Quando se usa a expressão (3.19), sabendo que $e_{s0} = 6{,}11$ hPa para $T_0 = 273{,}15$ K, a $e_s(T)_{T=19^{\circ}C}$ será 22,2 hPa.

A razão de mistura de saturação, por aplicação da expressão (3.24), permite obter

$$r_s = 0{,}622\frac{e_s}{p - e_s} \Leftrightarrow r_s = 0{,}622\frac{22{,}2}{1000 - 22{,}2} \Leftrightarrow r_s = 14{,}1 \text{ g.kg}^{-1}{}_{\text{ar_seco}} \qquad (4.09)$$

No início a humidade relativa é 68%. A partir deste valor, e tendo por base a expressão (3.28), é possível conhecer a razão de mistura à temperatura do ponto de orvalho. Sendo assim, virá

$$r(T_d, p) = HR[r_s(T, p)] \Leftrightarrow r(T_d, p) = 0{,}68 * 14{,}1 \Leftrightarrow r(T_d, p) = 9{,}6 \text{ g.kg}^{-1}{}_{\text{ar_seco}} \qquad (4.10)$$

Conhecida a razão de mistura actual e por recurso à expressão (3.22), determina-se a pressão parcial de saturação actual, ou seja a pressão parcial à temperatura do ponto de orvalho, resultando $e(T_d) = 15{,}3$ hPa. Agora, usando novamente a expressão (3.19) ou a consulta de tabelas, tem-se $T_d = 13{,}2$ ºC.

O valor da temperatura do ponto de orvalho permite obter a massa volúmica do vapor de água inicial que o ar húmido contém, quando se usa a expressão (3.05). Resulta $\rho_{w_{inicial}} = 0{,}0116$ kg.m^{-3}. Este valor corrobora com o significado físico da definição de ar húmido. Na prática, na atmosfera, o valor da massa volúmica do vapor de água é <<<< que o valor da massa volúmica do ar seco [$\rho_{w_{inicial}} = 0{,}0116$ kg.m^{-3} em face de $\rho_a = 1{,}19$ kg.m^{-3}].

A questão problema mostrava que a humidade relativa do ar aumentou para 73%.

Raciocínio idêntico deve ser assumido para o valor da humidade relativa de 73%. Nestes termos, como a temperatura do ar se mantém constante, $T = 19{,}0$ ºC, tem-se:

$$r_s = 0{,}622 \frac{e_s}{p - e_s} \Leftrightarrow r_s = 14{,}1 \text{ g.kg}^{-1}{}_{\text{ar_seco}} \qquad (4.09)$$

No final a humidade relativa é 73%. A razão de mistura, à temperatura do ponto de orvalho, será

$$r(T_d, p) = 0{,}73 * 14{,}1 \Leftrightarrow r(T_d, p) = 10{,}3 \text{ g.kg}^{-1}{}_{\text{ar_seco}} \qquad (4.11)$$

Conhecida a razão de mistura actual, a pressão parcial de saturação actual, ou seja a pressão parcial à temperatura do ponto de orvalho, resulta em $e(T_d) = 16{,}4$ hPa e $T_d = 14{,}3$ ºC.

A massa volúmica do vapor de água final que o ar húmido contém, passou a ser $\rho_{w_{final}} = 0{,}0124$ kg.m^{-3}.

A diferença entre a massa volúmica final e inicial (do vapor de água condensado) indica a quantidade de massa de água que foi "injectada" na atmosfera.

***Será que o valor estimado a partir da massa volúmica (diferença entre valor final e inicial) é próximo de 115 g medidas no processo de evaporação*?**

A diferença permite obter

$$\Delta\rho = \rho_{w_{final}} - \rho_{w_{inicial}} \Leftrightarrow \Delta\rho = 0{,}0124 - 0{,}0116 \Leftrightarrow \Delta\rho = 0{,}0008 \ \text{kg.m}^{-3} \qquad (4.12)$$

A experiência foi realizada num compartimento fechado com cerca de 125 m^3. Nestes termos, o valor estimado de água "injectado" no ar húmido foi de 100 g.

Este resultado mostra que a estratégia de análise está correcta. O desvio de 15 g é justificado basicamente por não se ter esperado tempo suficiente para o equilíbrio das condições higrométricas do ar húmido e por existir uma abertura para uma sala que poderá justificar a "pequena" diferença de valor.

Uma solução alternativa, através da utilização de outro modelo, foi também considerada.

Partindo do valor da razão de mistura para as duas temperaturas de ponto de orvalho (final e inicial), ou seja o valor da expressão (4.10) e (4.11), resulta

$$\Delta r = r(T_d, p)_{final} - r(T_d, p)_{inicial} \Leftrightarrow \Delta r = 10{,}3 - 9{,}6 \Leftrightarrow \Delta r = 0{,}7 \ \text{g.kg}^{-1}{}_{\text{ar_seco}} \qquad (4.13)$$

O valor indicado na expressão (4.13) indica a quantidade de vapor de água condensado (0,7 g) num quilograma de ar seco.

Da expressão (4.08), sabemos que $\rho_a = 1{,}19 \ \text{kg.m}^{-3}$. Sendo assim, resulta para a massa de vapor de água (condensado) por unidade de volume,

$$\rho_w = \rho_a \Delta r \Leftrightarrow \rho_w = 1{,}19 * 0{,}7 \Leftrightarrow \rho_w = 0{,}83 \ \text{g. m}^{-3} \qquad (4.14)$$

e

$$m_w = \rho_w V \Leftrightarrow m_w = 0{,}83 * 125 \Leftrightarrow m_w = 104 \text{ g} \qquad (4.15)$$

Assim, esta abordagem permite avaliar uma diferença de apenas 11 g de água.

Os resultados mostram que as estratégias adoptadas são correctas e que o valor avaliado, em ambos os modelos, é muito próximo do valor medido.

Uma questão ainda pode surgir:

O Vale das Furnas apresenta características higrométricas diferentes de locais muito próximos como a cidade de Ponta Delgada. É mais húmida, com presença de nevoeiros e com alguma precipitação. Será que é possível avaliar a base de uma nuvem e que condições favorecem a formação de nevoeiro**?**

Olhemos para o registo de dados no dia 6 de Fevereiro de 2008.

A cerca de 120 cm de altitude e à sombra ("abrigo meteorológico") a temperatura do ar era de 16,5ºC e a humidade relativa do ar de 90%.

A partir de $e_s(T)_{T=16{,}5^\circ C} = 18{,}77$ hPa, determina-se $e_s(T_d) = 16{,}89$ hPa e $T_d \cong 15\,^\circ$C.

Se houver condições de arrefecimento da atmosfera para valores inferiores a 15ºC começa o processo de condensação de vapor de água, e pode suscitar a formação de nevoeiro.

Se houver condições de convergência de ar (o que na realidade acontece), forma-se um centro de baixa pressão e o ar ascende. É sabido que a temperatura do ar, na Troposfera, diminui em cerca de 6-7ºC por cada 1000 m em altitude (McIntosh e Thom, 1981). Nestes termos, o modelo simples adoptado a partir da utilização da expressão (4.16) dá bons resultados

$$T = T_0 - \Gamma z \qquad (4.16)$$

em que T_0 representa a temperatura à superfície e Γ o gradiente vertical de temperatura.

Assim, a base da nuvem, nas condições deste dia, estará a um nível de aproximadamente de

$$z = \frac{T - T_0}{\Gamma} \Leftrightarrow z = \frac{16{,}5 - 15{,}0}{6{,}5 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow z = 231 \text{ m} \qquad (4.17)$$

O valor de aproximadamente 230 m indica que se o ar húmido continuar a ascender há formação de gotículas que crescem com o aumento da condensação de vapor de água. Fica então explicada a prevalência de tanta precipitação no Vale das Furnas e, em particular, o dia de chuvisco que "incomodou", já no final da colheita, o registo de alguns dados.

Deve-se salientar que os processos aqui apresentados têm um carácter simplista mas dão uma ideia muito real dos processos físicos que ocorrem na atmosfera

4.3.4 Qualidade do ar a partir de indicadores Biológicos

Uma vez que os gases vulcânicos são responsáveis por poluição de origem natural é oportuno avaliar a qualidade do ar.

Apesar de existirem estações de monitorização do ar próxima das fumarolas, o tratamento de informação e alerta à população sobre a qualidade do ar não é imediato, nunca sabendo o visitante desse local qual é a qualidade do ar naquele preciso momento ou a qualidade média do ar, quando visita uma dessas áreas. Por outro lado, tratando-se, na maioria dos casos de visitantes ocasionais, certamente estariam interessados em avaliar *in loco* de forma rápida e expedita a qualidade do ar.

Uma questão pode então ser colocada.

***Será que é possível conhecer a qualidade do ar de uma região, sem recorrer a instrumentos "sofisticados" de medida*?**

O interessante desta dissertação é usar um método de avaliação natural da qualidade do ar através de *indicadores biológicos*. Do nosso ponto de vista, o aluno numa actividade que consideramos actividade exterior, como extensão à sala de aula pode vivenciar os fenómenos em contexto real.

Na prática o que queremos mostrar é que, as espécies presentes num local poderão fornecer informações importantes sobre a qualidade do ar, se os efeitos da atmosfera sobre os indivíduos forem suficientemente bem conhecidos. Por outro lado, a biodiversidade pode ser facilmente avaliada, tornando-se deste modo, numa ferramenta expedita e a baixo custo para avaliação da qualidade do ar.

Se nos centramos na análise do equilíbrio de um ecossistema é possível, a partir desse conceito, perceber ou sugerir a utilização de um número de espécies presentes num dado local como indicadores da qualidade do ar.

Um ecossistema está em equilíbrio quando todos os seus ciclos, embora dinâmicos, estão em equilíbrio, mantendo-se constante o número de espécies presentes e as suas funções. As alterações, a um único compartimento (solo, ar ou água) leva por vezes a alterações de todo o ecossistema. O equilíbrio de um ecossistema pode ser assim avaliado através da alteração do número de espécies que nele se encontram (essas espécies podem ser plantas animais ou líquenes).

A ecologia do planeta Terra pode ser estudada a vários níveis: como um único ecossistema (a Biosfera), como uma população, como uma comunidade ou como um bioma. A biodiversidade de um local é comummente utilizada como medida indirecta da poluição, da qualidade ambiental de um ecossistema ou da qualidade ambiental de um ambiente**.**

Os líquenes são reconhecidos como potenciais indicadores de poluição atmosférica tendo sido os primeiros estudos realizados na Europa, em particular na Inglaterra, desde 1860 (Hawksworth and Rose, 1976 *in* Rodrigues, 2003). Desde então, os líquenes têm desempenhado um papel importante em estudos de poluição atmosférica por todo mundo, devido à sua sensibilidade aos diferentes poluentes, em particular SO_2 (Rodrigues, 2003). O dióxido de enxofre é responsável por agravar problemas respiratórios humanos, animais e plantas, as pedras calcárias usadas nas construções e tecidos sintéticos.

Uma das emissões vulcânicas das furnas é SO_2, pelo que os líquenes assumem particular importância neste contexto.

No Vale das Furnas encontram-se líquenes foliáceos, fruticolosos e crustosos, todos eles na casca das árvores de *Cryptomeria japónica*, que circundam a Lagoa das Furnas, inclusivamente nas árvores que se encontram na proximidade dos géisers.

Será importante facultar aos intervenientes de acordo com a Tabela 4.1, adaptada de ARIC (2008), os valores da concentração máxima de dióxido de enxofre que os líquenes observados no Vale das Furnas podem "tolerar". A sua presença no local de estudo implica que os níveis de dióxido de enxofre são inferiores ao máximo que a espécie "suporta".

Tabela 4.1 – Flora liquénica nas Furnas e níveis atmosféricos de SO_2 associados

Qualidade do ar	**Espécies presentes em árvores**	**Figura**	**Concentração média no Inverno de SO_2 ($\mu g.m^{-3}$)**
Inconclusivo	*Xantoria parietina*	4.29	70
Boa	*Ramalina farinacea*	4.30	60
Boa	*Graphis elegans*	4.31	50
Muito Boa	*Usnea subfloridana*	4.32	40
Muito Boa	*Usnea florida – Teloschistes flavicans*	4.33	Menos de 35
Boa	*Parmotrema robustum*	4.34	Inconclusivo
Boa	*Parmotrema crinitum*	4.35	Inconclusivo

A população liquénica presente fornece-nos indicações de que os níveis atmosféricos de dióxido de enxofre do local se situa abaixo dos 35 $\mu g/m^3$, o que é deveras reduzido para um local com essas características.

Da Figura 4.29 à Figura 4.35 mostram-se imagens de líquenes observados e identificados na área de estudo (Rodrigues *et al*., 2008b).

Os líquenes são das primeiras espécies a revelar sintomas dos efeitos tóxicos da poluição do ar. *Os mapas da distribuição dos líquenes são usados como indicadores da qualidade do ar e a medição da concentração dos poluentes em líquenes é um dos métodos mais aplicados em estudos de biomonitorização*.

Figura 4.29 – *Xanthoria parietina*

Figura 4.30 – *Ramalina farinácea*

Figura 4.31 – *Graphis elegans*

Figura 4.32 – *Usnea subfloridana*

Figura 4.33 – *Teloschistes flavicans*

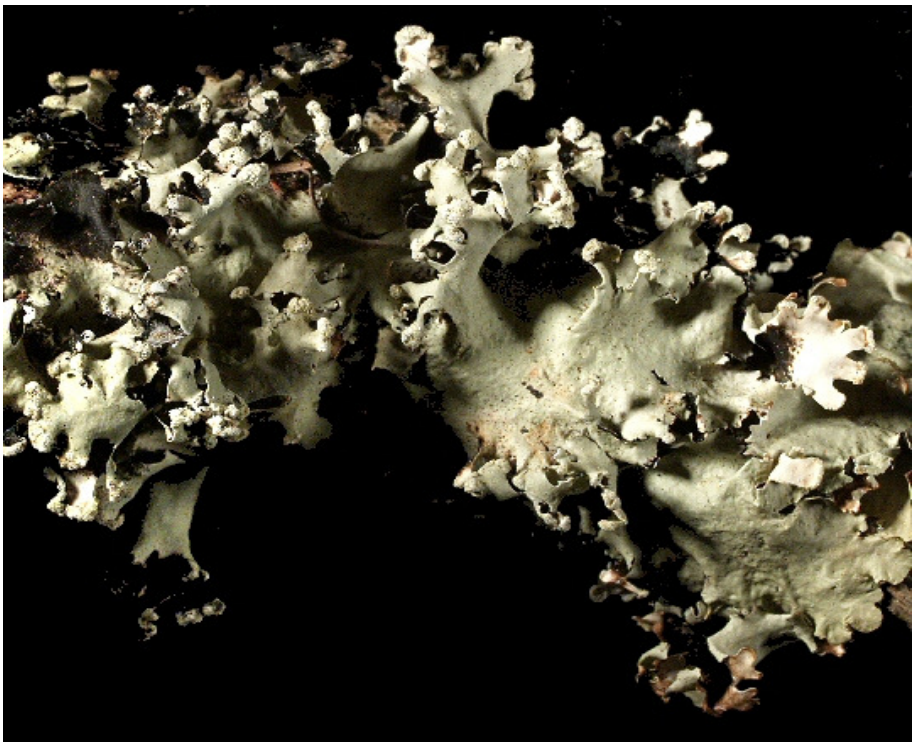

Figura 4.34 – *Parmotrema robustum*

Figura 4.35 – *Parmotrema crinitum*

O conceito de biomonitorização teve alguma evolução a partir do seu sentido inicial como um método de monitorização das alterações ambientais, através da quantificação de parâmetros nos organismos vivos relacionados com essas alterações. A biomonitorização ambiental deve ser entendida como complemento à monitorização física (Figueira, 2002) e não como seu substituto e consiste na observação contínua, no espaço ou no tempo, dos biomonitores, permitindo a avaliação semi-quantitativa dos resultados, ou seja, permite a avaliação continuada de variações ou tendências na situação ambiental a partir de estudos de bioindicação desenvolvidos no espaço e/ou no tempo. É frequente designar por bioindicação o conjunto de estudos em que a qualidade do ar é avaliada através da diversidade das espécies, segundo a sua diferente sensibilidade a condições ambientais particulares, é, em geral, referida a estudos qualitativos (Witting, 1993).

Para os leitores que desejam desenvolver competências nesta temática (para Portugal), indicamos o trabalho realizado por Freitas *et al*. (2000) sobre elementos vestigiais com o líquene *Parmelia caperata* em todo o território continental e Vieira (2003), Soares (2003), Correia (2003), Sousa (2003), Rodrigues (2003) e Amaral (2003) para as ilhas: Madeira, Terceira, Santa Maria,

São Jorge, Pico e São Miguel, respectivamente com vários tipos de líquenes, sendo o mais comum a *Parmotrema bangii*.

O equilíbrio entre a concentração de um elemento ou substância no biomonitor e a concentração envolvente garante a indicação, da concentração ambiental num determinado momento. Este factor torna-se importante quando se pretende realizar a monitorização de um elemento em diferentes períodos, pois permite acompanhar a evolução da concentração ao longo do tempo.

Os líquenes apresentam um conjunto de características que os favorecem como monitores ambientais, relativamente às plantas superiores (Vieira, 2003):

- Não possuem camadas protectoras, comuns nas folhas das plantas fanerogâmicas, como camadas cerosas e cutícula;
- A tomada de nutrientes não é normalmente realizada a partir do substrato, que é apenas utilizado para fixação;
- Têm capacidade fotossintética e apresentam crescimento ao longo de todo o ano;
- A generalidade das espécies apresenta distribuição em áreas geográficas muito vastas.

As primeiras observações de que os líquenes são afectados pela degradação do ar foram realizadas ainda em meados do século XIX, tendo sido estabelecida a expressão “deserto liquénico” em 1926, para designar a situação encontrada no centro das cidades, onde se verificou o desaparecimento dos líquenes nas árvores (Figueira, 2002). No entanto, apenas nos anos 60 do século XX se estabeleceram as relações entre a diversidade liquénica e a concentração atmosférica de poluentes. Estes estudos levaram à definição, de uma escala semi-quantitativa da concentração dos poluentes na atmosfera, baseada na presença ou na ausência de espécies de líquenes com sensibilidades conhecidas aos poluentes tendo-se desenvolvido a partir de estudos de mapeamento da distribuição destes organismos, um índice da qualidade do ar, designado de Índice de Pureza Atmosférica (Figueira, 2002).

Tendo-se em consideração que os líquenes são influenciados pelos teores de poluição atmosférica, é possível construírem-se escalas para estimar os diferentes níveis de poluição, baseados na diversidade de líquenes existentes

num dado local (Volpe, 2000 in Amaral, 2003). Os resultados obtidos através deste método mostraram ser bastante úteis na definição de áreas de risco para a saúde humana, depois de se verificar que os mapas obtidos a partir da biodiversidade liquénica reproduziam fielmente a distribuição de casos de mortalidade por cancro do pulmão, em residentes na mesma área, com idade inferior a 55 anos (Figueira, 2002).

A Manchester Metropolitan University (ARIC, 2008), estabeleceu uma relação entre os níveis atmosféricos de SO_2 existentes num dado local e a população liquénica nesse mesmo local, de modo a estimar rapidamente a concentração desse poluente na atmosfera.

Para além da fauna ou flora de um local, existem ainda outros dispositivos que nos fornecem informações semi-qualitativas sobre a qualidade do ar, entre eles, encontram-se os tubos colorimétricos.

Usam-se tubos colorimétricos, contendo uma substância que reage com um poluente específico, para quantificar alguns gases presentes na atmosfera (http://www.dias-de-sousa.pt/controlab/ar.htm).

Entre outros, muitos gases atmosféricos, detectam-se e quantificam-se por esta técnica o dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, ácido sulfídrico, etileno, amoníaco, ozono e ácidos orgânicos.

Os tubos colorimétricos são feitos de vidro, preenchidos com material granulado tratado quimicamente para indicar a substância que se pretende analisar. As extremidades dos tubos são fechadas por restrição e funcionam como lacres, que posteriormente devem ser quebrados para a utilização dos tubos, como se indica na Figura 4.36.

Na prática, um tubo para a substância a ser detectada deve ser seleccionado de acordo com a faixa de concentração do gás a medir (de 2ppm a 500 ppm). Depois de seleccionado o tubo adequado, deverá quebrar-se as extremidades do tubo e encaixá-lo numa Bomba de Sucção, como a indicada na Figura 4.37.

Figura 4.36 – Tubos colorimétricos

Figura 4.37 – Bomba de sucção

Tendo o volume de amostragem (50ml, 100ml, 200ml ou outro volume dependente do número de aspirações feitas) passado através do tubo, o produto químico no seu interior altera-se, alterando por consequência a sua cor, devido à presença do gás ou vapor no ar amostrado. A extensão ou a tonalidade da mudança de cor indica a concentração de gás ou vapor no ar. Cada tubo possui uma escala graduada impressa para leitura, do valor de concentração.

Cada caixa de tubos contém indicações que descrevem a reacção química que ocorre no interior do tubo quando o gás ou o vapor de interesse está

presente, bem como as condições de pressão atmosférica, humidade relativa e temperatura para as quais são válidas as medições realizadas com esta técnica.

Comparando a concentração medida do gás com o valor limite de exposição a essa substância, os alunos podem rapidamente saber a extensão de perigo a que estão submetidos, aquando de uma visita às caldeiras das Furnas.

A medição de poluentes atmosféricos com esta técnica é acessível e fácil para alunos de qualquer faixa etária, permitindo-lhe cruzar informação qualitativa com informação quantitativa, como por exemplo, comparar os valores de dióxido de enxofre medidos por bioindicação e por processos químicos.

No caso do Vale das Furnas, há interesse em avaliar a concentração no ar de gases de origem vulcânica, como é o dióxido de enxofre, o ácido sulfídrico, o dióxido de carbono e o monóxido de carbono.

A título de informação, para avaliar a qualidade do ar no Vale das Furnas, indicam-se na Tabela 4.2 tubos colorimétricos, a sua designação comercial e o intervalo de concentrações passíveis de serem medidos.

Tabela 4.2 – Características dos tubos colorimétricos a utilizar

Gás a Avaliar	**Designação comercial do tubo**	**Intervalo de concentrações**	**Limite de detecção**
Ácido Sulfídrico (H_2S)	Hydrogen Sulfide Detector Tube	1ppm a 240ppm	0,2 ppm
Dióxido de Carbono (CO_2)	CO2-100	100ppm a 3000ppm	20ppm
Dióxido de Enxofre (SO_2)	SO2-1	0,5ppm a 25ppm	0,2 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	Carbon Monoxide Detector Tube	5ppm a 1000ppm	1 ppm

Capítulo V

Considerações finais e perspectivas futuras

CAPÍTULO V

5 Considerações finais e perspectivas futuras

Actualmente, o trabalho experimental, desenvolvido na disciplina de físico – química destaca-se pela sua relevância como estratégia primordial, no âmbito de um ensino por pesquisa assumindo deste modo novas orientações, exigências e finalidades (Cachapuz *et al.,* 2002). O trabalho experimental é hoje amplamente reconhecido, por investigadores e educadores, como uma mais-valia para a Educação em Ciências, vindo em defesa da sua utilização argumentos, cognitivos e afectivos e associadas capacidades/habilidades (Wellington, 1998). Também as actuais orientações curriculares para o Ensino das Ciências enfatizam a sua implementação.

Nesse sentido, o pilar do trabalho desenvolvido nesta dissertação alicerça-se na realização de actividades experimentais de índole investigatório, como resposta à investigação em didáctica. Leite (2001) evidenciou a existência de dificuldades na implementação de actividades experimentais, principalmente por não ser promovida a interligação entre a teoria e a prática.

A presente investigação foi fundamentada, planeada e implementada, com base em estudo de casos numa Perspectiva de Ensino Por Pesquisa, a partir do contexto real – o campo fumarólico da Lagoa das Furnas – onde é possível a observação visual de diferentes fenómenos no âmbito da disciplina de físico-química que despertam a curiosidade a inquietação e a formulação de questões problema, a que se procurou dar respostas cientificamente correctas para justificar de maneira simples a ocorrência de tais fenómenos.

A partir das questões problema foi possível estabelecer, a "ponte", ou seja o elo de interligação entre a teoria e a prática. O tratamento conjunto da teoria, actividade experimental e resolução de problemas é algo essencial, uma vez que estes aspectos não surgem separados na actividade científica. Assim, por esta via, segundo Hodson (1992) e Gil Perez *et al*. (1999), perspectiva-se proporcionar aos estudantes uma visão correcta do trabalho científico.

É fundamental que cada problema seja convertido numa actividade de pesquisa, em que os estudantes se envolvam de modo a aprenderem significativamente com ela. Nesse sentido, os contextos reais constituem um meio de excelência de ensino, na medida em que fomentam a curiosidade natural dos alunos, motivando-os mais na procura de informação necessária à resolução dos problemas e permitem-lhes ver a aplicabilidade dos conhecimentos que se traduz numa aprendizagem de elevado nível de relevância e por isso mesmo mais efectiva (Brincones, 1999).

Cumpre ainda salientar que o estudo alicerçado fora do seu contexto e do seu conjunto, rejeita os laços e as intercomunicações com o seu meio, e incluí-o num sector conceptual abstracto que é a disciplina compartimentada, cujas fronteiras quebram arbitrariamente a sistemicidade (Morin, 1999). Compreender/estudar os problemas em contexto real impõe a necessidade de uma abordagem sistémica, para se compreender os fenómenos na sua globalidade e complexidade (Morin, 1999). Nesse sentido, a lógica estritamente disciplinar é ultrapassada, uma vez que a diversidade de dimensões a explorar, exigem uma multiplicidade de abordagens com o recurso à intervenção de domínios variados e complementares, vindos dos vários campos do saber, exigindo uma abordagem do conhecimento a nível interdisciplinar ou mesmo transdisciplinar (Cachapuz *et al*., 2002). Deste modo, de acordo com Valadares (2007) é possível compreender os fenómenos na sua globalidade e complexidade, permitindo reflectir sobre os processos da Ciência e da Tecnologia, e as suas inter-relações com a Sociedade e o Ambiente em que vivemos. Segundo o mesmo autor, o EPP, o modelo de ensino preconizado nesta investigação, tem subjacente uma epistemologia construtivista investigatória e humanista, que privilegia a interacção entre o pensar e o fazer.

Nesse sentido, segundo Cachapuz *et al,* (2002) é fundamental que cada problema seja convertido numa actividade de pesquisa, em que os estudantes se envolvam de modo a aprenderem significativamente com ela. Assim, as aprendizagens são fruto de atitudes investigativas e construtivistas, envolvendo a construção activa e significativa dos conhecimentos e tornando-os úteis e utilizáveis no dia-a-dia. Deste modo se compreende que segundo Valadares

(2007) os conteúdos do ensino sejam colocados ao serviço da Educação em Ciência e não meramente da Instrução, contribuindo para o desenvolvimento pessoal, social e exercício de uma cidadania democrática informada e crítica

Infelizmente é corrente ouvir os professores dizerem que não realizam actividades experimentais pelo facto de estas requererem material sofisticado e consequentemente caro e difícil de adquirir. Nas actividades experimentais aqui realizadas recorreu-se a materiais simples e acessíveis, de baixo custo o que facilita a sua implementação. Outro dos entraves apontados pelos professores para não realizarem actividades experimentais, é de que a escola não possui laboratório ou este nem sempre está disponível. O estudo em contextos reais permite o trabalho de campo, constitui uma via de contornar esta situação. Neste sentido, pensa-se que esta investigação constitui uma mais-valia por não exigir grandes meios logísticos.

Crê-se que os estudos de caso e a metodologia desenvolvida nesta dissertação são inovadores pelo que se considera muito oportuna. É um exemplo da interligação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) adequada a um desenvolvimento sustentável que se preconiza actualmente no Século XXI e gerações vindouras. O homem não surge sob uma visão redutora concebido e separado do ambiente com a função de explorá-lo (concepção associada à Ciência Moderna) mas numa perspectiva mais ampla, que o considera como sujeito integrado no meio ambiente e ciente da necessidade da sua conservação, isto é, com um comportamento ético adequado. Assim, este estudo vai de encontro às pretensões da UNESCO que ao instituir a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2015), pretende, melhorar a qualidade do ensino, facilitar a troca de experiências entre os diversos actores envolvidos e fazer com que haja uma maior atenção pública relativamente a este assunto.

Muitos são os autores que hoje defendem a Educação para a Sustentabilidade como força de mudança de consciências e atitudes, imprescindível ao processo de construção de novas formas de desenvolvimento. Pela sua complexidade e pela necessidade de adaptação a condições locais muito particulares, a Educação para a Sustentabilidade, exige criatividade,

especialmente na concepção e implementação de estratégias de intervenção socio-económica e ambiental. A dimensão ambiental, numa Educação para a Sustentabilidade, requer vivências interdisciplinares, o que configura, a formação ambiental de cidadãos críticos e criativos.

A geotermia é sem dúvida a grande fonte alternativa de energia do arquipélago dos Açores, ainda pouco explorada a nível regional, se bem com grande incremento nesse arquipélago quando comparada com outras regiões europeias ou mesmo mundiais.

As questões energéticas estão no topo das preocupações mundiais actuais, não só pela preocupação com as alterações climáticas globais, mas como meio de garantir a sustentabilidade energética das sociedades. Um desenvolvimento sustentável é aquele que é capaz de responder às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras darem respostas às delas.

Nas últimas décadas, a educação ambiental tem sido valorizada, passando a ser vista como promotora de novos valores e condutas sociais ambientalmente correctas tendo como principio norteador a ética nas relações sociais. Freire (1980) defende que o primeiro objectivo de toda a educação é "provocar uma atitude crítica, de reflexão, que comprometa a acção".

Uma das limitações mais relevantes do estudo apresentado com base em problemáticas associadas a um contexto real, é de ainda não ter sido possível implementar com os alunos. Tal deveu-se ao facto da professora investigadora deste estudo, estar de licença sem vencimento, durante o ano lectivo 2007/8.

Por último, consideramos que será muito interessante e oportuno realizar oficinas pedagógicas com professores. Somos de opinião que as oficinas pedagógicas permitirão a formação de uma equipe alargada de professores que posteriormente pudessem implementar algumas das estratégias inovadoras apresentadas nesta dissertação.

> *…o Ensino é rico, se forem múltiplas as perspectivas de olhar o mundo e os fenómenos naturais. Há que procurar relações empíricas no ambiente envolvente, que sirvam os propósitos de ensino. Perspectiva-se que a aprendizagem surja tão "natural" quanto a naturalidade dos fenómenos observados…*

Referências bibliográficas

Referências bibliográficas

Abrecht, R. (1994). *A Avaliação Formativa*. Porto: Edições ASA.

Afonso, D. (2000). *A Componente Laboratorial e a avaliação das aprendizagens dos alunos*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

Almeida, A.M. (1995). *Trabalho experimental em educação em ciência: Epistemologia, Representações e Prática dos Professores*. Tese de Mestrado em Ciências da Educação, Monte da Caparica, faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova.

Almeida, D. (2004). Segunda lei da termodinâmica. Recursos Digitais e Ensino da Química. Tese de Mestrado da química para o Ensino (não publicada). FCUP.

Alonso, L. (2000). *A construção de um referencial de competências chave para a cidadania e a empregabilidade*. Revista Saber Mais, 5, 20-27.

Alonso, L. (2004). *Competências essenciais no currículo: que prática nas escolas*? CNE – Conselho Nacional de Educação. Saberes Básicos de todos os cidadãos no séc. XXI. Estudos e Relatórios,145-174.

Amaral, A.S. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha de São Miguel, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Archer, L.S.J. (2007). O humanismo que salva a tecnociência. *Brotéria – Cristianismo e Cultura*, 164, 7-29.

ARIC (2008). *Air Quality and Lichens*. Atmosphere, Climate and Environment. Information Programme. http://www.ace.mmu.ac.uk: disponível em 31 de Maio de 2008.

Armour-Thomas, E. (2000). *Major issues and challenges in teacher professional development*. Paper commissioned by the College Board. New York: Queens College of the City of New York.

Ausubel, D.P. (1980). *Algumas limitações psicológicas e educacionais da aprendizagem por descoberta*. In Nelson, L.N. *O Ensino*. Textos escolhidos. Trad. Joshuah de Bragança Soares. São Paulo: Saraiva.

Ausubel, D.P., Novak, J.D. e Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. (2sdEd.) New York. Holt, Rinehart and Winston. Trad. p/ português de Eva Nick *et al*. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

Aylesworth, T.G. (1965). The need for problem-solving. *Science Education*, 49 (2), 156-162.

Ball, J. (1999). *Evidence, Theory and student voice: international relationships in cooperative and traditional Chemistry lab structures*. In Actas da Conferência Anual da Associação for Research in Science Teaching, Boston.

Bachelard, G. (1980). *O Novo Espírito Científico.* Rio de Janeiro: Tempo Universitário

Bachelard, G. (1928). *Essai sur la connaissance approchée.* Paris: Vrin.

Barberá, O. e Valdés, P. (1996). El Trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.

Barrows, H. e Tamblyn, R. (1980). *Problem based learning: an approach to Medical Education*. Springer.

Bell, B.F. e Pearson, J. (1992). Better learning. *International Journal of Science Education*, 4(3), 349-361.

Bettencourt, T. (1997). *A Internet como Motor da Construção de Novos Saberes*. Actas do Encontro Comunicação, Novas Tecnologias e Aprendizagem (no prelo) Bragança: Escola Superior de Educação de Bragança, 22 a 23 de Maio.

Black, P. (1993). *The purposes of science education*. In E. Whitelegg, J. Thomas, e S. Tresman Ed, Challenges and Opportunities for Science Educatition, Londres, Paul Chapman Pub. Ltd.

Bodner, G.M. (1987). The role of algorithms in teaching problem solving. Journal of Chemical education, 64(6), 513-514.

Brincones, I (1999). *El uso de la estrategia de resolución de problemas por alumnos de educación secundaria*. Aspectos Didácticos de Física y Química (Física). Universidade de Zaragoza: I C E.

Burns, M (1976). *The Book of Thing*. Boston: Little, Brown and Company.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Temas de investigação 26. Ministério de Educação.

Carretero, M. *et al*. (1997). Construir y ensenar. Las Ciências Sociais y la Historia. Bs. As., Edit. Aique.

Chang, C, e Barufaldi, J. (1999). The use of a problem-based instructional model in initiating change in students' achievement and alternative frameworks. *International Journal of Science Teaching*, 21(4), 373-388.

Chassot, A. (2000). *Alfabetização Científica: questões e desafios para educação*. Ijuí: ed. UNIJUÍ.

Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. e Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.

Coch, N.E. (1995). *Geohards: Natural and Human*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, 481 pp.

Correia, N. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha da Madeira, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Cruz, M. e Valente, M. (1993). Estratégias metacognitivas e Resolução de Problemas: Um estudo com alunos do 10 ano de Física e Química. *Revista de Educação*, III (I), 87-1103.

Cury, A. (2004). *Pais Brilhantes. Professores Fascinantes*. Biblioteca Pergaminho SA, Cascais.

Cury, A. (2007). *Inteligência Multifocal. Análise da construção dos pensamentos*. Biblioteca Pergaminho SA, Cascais, 345 pp.

Cusak, M. *et al*. (1986). Teaching in junior secondary schools and its relationship to the development of formal operational thought. *European Journal of Science Education*, 8(1), 95-105.

Damásio, A. (1995). *O Erro de Descartes. Emoção, Razão e Cérebro Humano,* 12ª edição, Lisboa, Publicações Europa América.

Damásio, A. (2003). *A Feelings of emotion and the self*. Ann N Y Acad. Sci. Oct; 1001: 253-61.

Day, C. (2001). *Desenvolvimento profissional de professores*. Porto: Porto Editora.

Deslie, R. (2000). *Como realizar a aprendizagem baseada em problemas*. Edições ASA, S.A.

Dodge, B. (1995). WebQuests: A technique for Internet-based learning. *Distance Educator*, 1(2), 10-13

Dossat, R.J. (1980). *Manual de Refrigeração*. John Wiley and Sons Inc. Hemus Editora. Vol. 9, 214 pp.

Driver, R. (1995). *Constructivist approaches in science teaching*. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 385-400). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Duch, B. (1996). Problem-based learning in physics: the power of students teaching. *Journal of College Science Teaching*, Março / Abril, 326-329.

Dufresne, *et al*. (1987). *Hierarchically structured problem solving in elementary mechanics: guiding novices' problem analysis*. Paper presented at the second Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University. Ithaca. NY.

Dufresne, R.J. (1989). Problem - solving: learning from experts and novices. *Teaching Thinking and Problem Solving*, 11(1), 11-14.

Duncker, K. (1972). *On problem solving*. Westport, Connecticut: Greenwood Press Publishers.

Dunne, T. and Leopold, L.B. (1978). *Water in Environmental Planning*. ISBN 0-7167-0079-4, W.H. Freeman and Company, San Francisco.

EC – European Commission, (2005). *Attitudes of European citizens towards the envioremment*. Special Eurobarometer 217/Wave 62.1-TNS Opinion and Social.

Espinosa, B. (1987). *Tratado da reforma do entendimento*. Lisboa: Edições 70 (Tradução do original em latim *Tratactus de Intellectus Emendatione*).

Fachada, C., Morgado, P. e Lopes, V. (2002). *Descobrir a matéria*. Ciências Físico-Químicas. Terceiro Ciclo do Ensino Básico. Areal Editores.

Ferreira, T. (2000). *Caracterização da actividade vulcânica da ilha de S. Miguel (Açores): Vulcanismo basáltico recente e zonas de desgaseificação. Avaliação de riscos*. Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores, Departamento de Geociências, 248pp.

Ferreira T., Gaspar, J.L., Viveiros, F., Marcos, M., Faria, C., Sousa F. (2005). Monitoring of fumarole discharge and CO_2 soil degassing in the Azores: contribution to volcanic surveillance and public health risk assessment. *Annals of Geophysics*, 48 (4-5), 787-796.

Ferreira, T. e Oskarsson, N. (1999). Chemistry and isotopic composition of fumarole discharges of Furnas caldera. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 92, 169-179.

Feyerabend, P. (1989). *Limites de la ciencia*. Barcelona: Paidós/I.C.E. – U.A.B. [Tradução do original inglês *Realism, rationalism and scientific method*. Philosophical papers, I (Cap 4), 1962]

Feynman, R.P. (1988). *A estranha teoria da luz e da matéria*. Lisboa: Gradiva (Tradução do original inglês *The strange theory of light and matter*, 1985).

Figueira, R. (2002). *Desenvolvimento de um Sistema de Biomonitorização Ambiental*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa.

Flavell, J.H. (1987). *Speculatons about the nature and development of metacognition*. In F.E. Weinert e R.H. kluwe (Edes.), Metacognition, motivation and understanding. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Frank, D. *et al*. (1987). Should students always use algorithms to solve problems? *Journal of Chemical education*, 64(6), 514-515.

Freire, P. (1980). *Pedagogia do oprimido* (27ª ed.). São. Paulo: Paz e Terra.

Freitas, M.C., Reis, M.A., Alves L.C. e Woltreebeck, HT. (2000). *Nuclear analytical techniques in atmospheric traça – elements studies in Portugal*. In Trace elements – their distribution and effects in the environment. B. Markert and K. Friese (eds). Elsevier. Amesterdam. 187-213.

Gagliardi, R. (1994). *Quelques tendancesde lénseignement des Sciences en Europe*. In J. M. Gago (Org). O Futuro da Cultura Científica. The Future of Scientific Culture, Lisboa, Instituto de prospectiva.

Gagné, E.D. (1985).*The paradigm wars and their aftermath: A historical sketch of research on teaching since1989*. Teachers College Record.

Gamble, C. 1986. *The Palaeolithic Settlement of Europe.* Prvo poglavlje (str. 1-27), Dodatak 1 (str. 394-395), Dodatak 2 (395-396). Cambridge: Cambridge University Press.

Gandra, P. (2001). A Aprendizagem da Física Baseada na Resolução de problemas. Um estudo com alunos do 9º ano de escolaridade na área temática "Transportes e Segurança". Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

Garret, R.M. (1987). Issues in science education: Problem-solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9(2), 125-137.

Garret, R.M. (1989). Problem solving and cognitive style. *Research in Science and Technological Education*, 7(1), 27-45.

Gaspar, J.L., Ferreira, T., Queiroz, G., Wallenstein, N., Pacheco, J., Guest, J., Gonçaves, O. (1996). *Cognição, narrativa e psicoterapia*. Psicologia: Teoria, Investigação e Prática, Vol. 1, nº. 2.

Duncan, A. e Cole, P. 1995. *Evolução morfoestrutural do vulcão das Furnas ilha de S Miguel, Açores*. Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico, IV Congresso Nacional de Geologia. Mem. 4, 999–1003.

Durant, W. (1996). *História da Filosofia*. Lisboa: Edições Livros do Brasil.

Garret, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.

Gelabert, J.M. (1984). *Evaporación en embalses*, Secretaria General Técnica, Madrid, pp. 139.

Gil Perez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como Investigación. *Enseñanza de las Ciencias*.

Gil Perez, D. (1994). Diez anos de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.

Gil Perez, D. *et al.* (1999). Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.

Gil Pérez, D e Martinez Torregrosa, J. (1983 a). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Educatition*, 54(4), 448-457.

Gil Pérez, D e Martinez Torregrosa, J. (1983 b). *Problem Solving in physics: a critical analysis*. International Summmer Workshop. Research on Physics Education, La Londe des Maures. França.

Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY. Cornell University Press.

Greeno, J.G. (1980). *Trends in the theory of knowledge for problem solving*. In: D.T. Tuna e F. Reif (Eds). Problem solving and education. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum associates.

Guest, J.E., Gaspar, J.L., Cole, P.D., Queiroz, G., Duncan, A.M., Wallenstein, N., Ferreira, T., Pacheco, J. M. (1999). Volcanic geology of Furnas volcano, Sao Miguel, Azores. *J. Volcanol. Geotherm. Res*. 92, 1-29.

Gunstone, R.F. e White, R.T. (1981). Understanding of gravity. *Science education*, 65(3), 291-299.

Gunstone, R.F. (1991). *Reconstructing theory from pratical experience*. In Woolnough, B. (Ed). Pratical Science. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.

Hayes, J.R. (1987). *The complete problem solver*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hawksworth, D.L. e Rose, F. (1976). *Lichens as pollutions monitors*. Edward Arnold L. Td., London. Key_Stage_4/Air_Pollution/19.html: disponível 31 Maio de 2008.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.

Hodson, D. (1994). Hacia un Enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

Hodson, D. (1986). Philosophy of Science and Science Education. *Journal of Philosophy of Education,* 20(2), 215-225.

Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66.

Hodson, D. (1998). *Science fiction: The continuing misrepresentation of science in the School curriculum*. Curriculum Studies.

Hofstein, A. e Kempa, R.F. (1985). Motivating strategies in science education: attempt at an analysis. *European Journal of Science Education*, 7(3), 221-229.

Hofstein, A. (1988). Pratical work and science education II, in P. Fensham (Org.), Development and Dilemmas in Science Education, London, The Falmer Press.

Hofstein, A. e Lunetta, V. (1992). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*. 52, 201-217.

Huitt, W. (1992). Problem solving and decision making: Consideration of individual differences using the Myers-Briggs Type Indicator. *Journal of Psychological Type*, 24, 33-44 (Retrieved February 1993, from http://chiron.valdosta .edu/whuitt/files/prbsmbti.html).

IPCC (2001). *Technical Summary. A Report Accepted by Working Group I,* Intergovernmental Panel on climate change. wgI_ts.pdf., http://www.ipcc .ch/pub/wg1TARtechsum.pdf.

IPCC (2007). *Climate change 2007: the physical science basis summary for policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris: IPCC, Working Group I.

Jacob, F. (1982). *O jogo dos possíveis. Ensaio sobre a diversidade do mundo vivo*. Gradiva, Lisboa, 276 pp.

Jagger, J.M. (1985). *A review of the research into the learning of mechanics*. In A. Orton, Studies in mechanics learning. Leeds. Centre for Studies in Science and Mathematics Education.

Jiménez, M. (2005). *A argumentação sobre questões sócia – cientificas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula*. In Actas do v Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em ciências: São Paulo. Brazil. www. Unesp.br/ abrapec/ atas/ conteudo/conferencias/c4.pdf.

John e Gribbin, M. (1997). *Galileu Galilei em 90 minutos*. Editorial Inquérito. 81pp.

Kahn, B. (1991). *Os computadores no ensino da ciência – o uso de computadores no ensino e na aprendizagem*. Lisboa. Publicações Dom Quixote

Kempa, R.F. e Nicholls, C.E. (1983). Problem – solving ability and cognitive structure – and exploration investigation. *European Journal of Science Education*, 5(2), 171-184.

Kirkham, J. (1989). *Balanced science: Equilibrium between context, process, and content*. In J. Wellington(Ed.). Skills and process in science education. Londres: Routledge.

Kirschner, P. (1992). Epistemology, pratical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 273-299.

Kirschner, P. (1998). Dry laboratory in science education; computer – based pratical work. *International Journal Science Educational*, 20(6), 665-682.

Klainin, P (1998). *Pratical work and science education*. In Fensham, P. (Ed). Development and dilemmas in science education. Londres: Falmer Press, 169-188.

Kunh, D. (1993). Science as Argument: Implication for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Educations*, 77(3), 319-337.

Lambos, A. (2004). *Problem – Based Learning in Middle and High School Classrooms*. California: Corvin Press.

Larkin, J.H. e Reif, F. (1979). Understanding and teaching problem – solving in physics. *European Journal of sciences Education*, 1(2), 191-203.

Larkin, J.H., McDermott, J., Simon, D.P. e Simon, H.A. (1980 a). Models of competence in solving physics problem. *Cognitive Science*, 4, 317-345.

Larkin, J.H., McDermott, J., Simon, D.P. e Simon, H.A. (1980 b). expert and novice performance in solving physics problems. *Cognitive Science*, 208(4450), 1335-1342.

Lawsom, A.E. e Renner, J.W. (1975). Relatonships of learns subject matter and developmental levels of learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(4), 347-358.

Leach, J. (1999). Students understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of science Education*, 21(8), 789-806

Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. In Caetano, H. e Santos. M (Org). Cadernos Didácticos de Ciências. Lisboa: DES, 79-97.

Leite, L. (2006). *Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das ciências*. Actas dos XIX Congreso de ENCIGA (CD-ROM). Póvoa de Varzim: Escola Secundária Eça de Queiroz.

Leite, L. e Afonso, A. (2001). Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas. Características, organização e supervisão. *Boletim das Ciências*. Vol 48, 253-260.

Leite, L. e Esteves, E. (2005). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. Nº 1.

Leite, L. e Figueiroa, A. (2002). *Os manuais escolares de ciências da natureza e a interrelação dados-evidências-conclusões: O caso de "a importância do ar para os seres vivos".* In Elortegui Escartín, N. et al. (Eds.). XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales – Relación secundaria universidad. La Laguna: Universidad de La Laguna, 426-434.

Leite, L. e Figueiroa, A. (2004) Las actividades laboratoriales y la explicación cientifica. *Alambique*, 39, 20-30.

Lester e Schroeder (1989). *Developing Understanding in mathematics via problem solving*. In P. Trafton e A. Shulte (Eds). New Directions for Elementary School Mathematics. RESTON: NCTM.

Lock, R. (1998). A history of practical work in school science and assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70 (250), 115-119.

Lopes, J.B (1994). *Resolução de problemas em Física e Química. Modelo para estratégias de ensino – aprendizagem*. Lisboa: Texto Editora.

Lopes, J.B (2004). *Aprender a ensinar Física*. Fundação Calouste Gulbenkian. Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

Lopes, J.B. e Costa, N. (1994). Modelo de Ensino Aprendizagem de Física Centrado na Resolução de Problemas: Conceitos - Chave, Princípios Estrutura Global, *Revista da Educação,* IV (1/2), 43-55.

Lunetta, V. (1998). *The school Science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching*. In Fraser, B. & Tobin, K. (Ed). International Handbook of Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 249-262.

Maciel, N., Gradim, M.M. e Campante, M.J. (2003). *Eu e a Física – 10º Ano*. Porto Editora.

Martin Diaz, M.J. e Kempa, R.F. (1991). Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales. *Enseñanza de las Ciencia*, 9(1), 59-68.

Martins, I.P. e Veiga L. (1999). *Uma Análise do Currículo da Escolaridade Básica na Perspectiva da Educação em Ciências*, Lisboa, Instituto de inovação Educacional.

Mason, J. e Davis, J. (1991). *Modelling with mathematics in primary and secondary schools*. Victoria: Deakin University Press.

McIntosh, D.H. e Thom, A.S. (1981). *Essentials of meteorology*, the Wykeham Sciences Series, Taylor and Francis, Ltd, London.

Medeiros, M.T. (2002). *O papel da universidade na formação de professores. A universidade ensina ou promove processos de mudança*? In M. L. Cabral (coord.), A universidade e a formação de professores (pp. 63-81). Faro: Universidade do Algarve, FCHS, Centro de Estudos Linguísticos e Literários.

Morin, E. (1999). *Os Sete Saberes Para a Educação do Futuro*. Instituto Piaget Horizontes Pedagógicos.

Millar, R. (1998). *Rhetoric and reality: What pratical worck in science: Which Way now*? Londres: Routledge. 16-31.

Neto, J.A. (1998). Resolução de problemas em Física. Conceitos, processos e novas abordagens. Instituto de inovação educacional.

Nickerson, R., Perkins, D.N. e Smith, E. (1985). *The teaching of thinking*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Nunes, J. C. (1999). *A actividade vulcânica na Ilha do Pico do Plistocénio Superior ao Holocénico, mecanismo eruptivo e hazard vulcânico.* Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia. Universidade dos Açores, Departamento de Geociências, 357 pp.

Ohlsson, S. (1992). The cognitive skill of theory articulation: A neglected aspect of science education?. *Science & Education*, 1, 182-192.

Ortiz, R. e Araña V. (1996). *Daños que puedem producir las erupciones*. In: R. Ortiz (Ed.), Riesgo Volcánico – Série Casa de Los Volcanes, Lanzarote, Canárias. Vol. 5, 37-66.

Palhares, P. (1997). *Histórias com problemas construídas por futuros professores de Matemática*. In D. Fernandes, [et al.] (Coord.). Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professores de Matemática: Múltiplos Contextos e Perspectivas. Aveiro: GIRP (Grupo de Investigação em Resolução de Problemas).

Patel, V.L., Evans, D.A. e Groen, G.J. (1989). *Biomedical knowledge and clinical reasoning*. In: Cognitive Science in Medicine: Biomedical Modelling. MIT Press, Cambridge MA.

Pedrinaci, E. (1992). Catastrofismo versus actualismo. Implicações didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 216-222.

Pedrosa, M.A. e Loureiro, C. (2008). *Desenvolvimento sustentável, energia e recursos energéticos em documentos oficiais para o ensino básico e manuais escolares de ciências*. Educación Enerxética, Enerxías Renovables e Cambio Climático. In Colección: Informes e Propostas n.º 20. Instituto de Ciencias da Educación. Rodrigues, J.M. e Domínguez, M.A.F. (Eds.). Universidade de Santiago de Compostela, 177-186.

Praia, J.F. e L. Marques (1998). *O trabalho laboratorial (TL) em geociências: orientações didácticas*. Ministério de Educação, Departamento do Ensino Secundário.

Perraudeau, M. (1996). *Os métodos cognitivos em educação. Aprender de outra forma na escola*. Instituto Piaget. Horizontes pedagógicos.

Perrenoud, P. (1983). *Praticas pedagógicas, profissão docente e formação: perspectivas sociológicas*. Lisboa. Publicações Dom Quixote.

Piaget J. (1932). *Le jugement moral chez l'enfant*. Paris, PUF.

Piaget J. e Inhelder, B. (1983). *A psicologia da criança*. Porto: Edições Asa.

Pizzini, E. *et a*l. (1989). A rational for and the development of a problem solving model of instruction in science education. *Science education*, 73(5), 523-534.

Popper, K.R. (1983). *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Paidos, Barcelona, 513 pp.

Popper, K.R. (1989). *A teoria dos quanta e cisma na Física.* Lisboa: Dom Quixote.

Popper, K.R. e Lorenz, K. (1990). *O futuro está aberto* (2ª. Ed.). Lisboa: Editorial Fragmentos.

Rajendran, N. (2002 a). *Restructuring Teacher Education Programs to Teach Higher-Order Thinking Skills*. In Actas da internacional Teacher Education Conference 2002. Kuala Lumpur – Malaysia. http:nsrajendran.tripod.com/ Papers/upsiitec2002.pdf.

Rajendran, N. (2002 b). *Using Constructivist Approach To Teach Higher – Order Thinking Skills: Transforming Teaching Practice to Facilitate Mindful Learning*. In Actas da internacional Conference on Thinking. Harrogate – England. http:nsrajendran.tripod.com/Papers/Harrogate 2002.pdf.

Reif, F. (1981). Teaching problem – solving: a scientific approach. *The Physics Teacher*, May, 310-316.

Resendes, H., Talaia, M. e Rodrigues, F. (2008a). *As potencialidades da aprendizagem em contextos reais: Estudo do padrão térmico do Vale das Furnas*. Actas do V Seminário Ibérico e I Seminário Ibérico Americano. Ciência-Tecnología-Sociedade no Ensino das Ciências. Universidade de Aveiro: Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa (aceite para publicação).

Resendes, H., Talaia, M. e Rodrigues, F. (2008b). *Questões Problema – Elo de interligação entre Teoria e Prática.* Livro de Resumos da Física 2008. Actas da 16ª Conferência Nacional de Física e 17º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, 3-6 de Setembro, na FCTUNL (aceite para publicação).

Resnick, L.B. (1983). Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, 220(4596), 477-478.

Resinck, L.B. (1989). *Education and learning to think*. Washington, DC: National Academy Press.

Rodrigues, F., Resendes, H. e Talaia, M. (2008a). *Questões problema de Física em torno das Furnas – São Miguel*. Actas do VII Encontro Internacional de Inovação Educacional. Campus do Pico da Urze da Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo. Resumo, 10.

Rodrigues, F., Resendes, H. e Talaia, M. (2008b). *Identificação de líquenes na Vale das Furna*s (*S. Miguel – Açores*). Relatório interno (não publicado). Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores.

Rodrigues, A.F. (2001). *Aerossóis atmosféricos com efeitos no clima: Níveis e processos de transformação no Centro do Atlântico Norte (Região Açores*). Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Rodrigues, C. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha do Pico, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Rogers, C. (1985). *Tornar-se pessoa*. 7.ª Edição. Lisboa: Moraes Edidores (Tradução do original americano *On becoming a person*, 1961).

Ruiz, J. (1991). La Metodología de Resolución de Problemas y el Desarrollo Cognitivo: Uno Punto de Vista Postpiagetiano. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 78-82.

Saarni, C.I. (1973). Piagetian operations and field independence. *Child Development*, 44,338-345.

Santos, M.C. (2002). *Trabalho experimental no ensino das ciências*. Temas de investigação 23. Instituto de Inovação Educacional. Ministério de Educação.

Santos, M.E. (1991). *Mudança conceptual na sala da aula: um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.

Santos, M.E. e Praia, J.F. (1991). Dimensão epistemológica no ensino das ciências. *Didáctica da Biologia*, 45-72.

Savin-Baden, M. (2000). *Problem-based learning in higher education: Untold stories.* Buckingham, UK: Open University Press/SRHE. Taylor, M. C.

Schmidt, H.G. (1993). Foundations of problem based learning: some explanatory notes. *Med. Education*, 27, 422-432.

Schoenfeld, A.H. (1989). *Teaching mathematical thinking and problem solving*. In I. Resnick e L. Klopfer (eds.), Toward the thinking curriculum: current cognitive research. Washington DC. Association for Supervision and Curriculum Development.

Smith, F. (1992). *To think: In Language, Learning an Education*. London: Routledge.

Soares, P. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha de Santa Maria, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Solomon, J. (1980). *Teaching children in the laboratory*. Londres. Croom Helm.

Sousa, E. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha de São Jorge, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Urbano, J.N. (1987). O ensino da física em Portugal: problemas e perspectivas. *Gazeta de Física*, 10(1), 1-5.

Talaia, M., Resendes, H. e Rodrigues, F. (2008). *O Padrão das linhas isotérmicas à superfície de um Campo Fumarólico*. Actas das XXX Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española "Agua y Cambio Climático", IX Encuentro Hispano-Luso de Meteorología e XII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Resumo de artigo en Sesion 3-A Predicción del Tiempo. Casos de Estudio. Depósito legal: M. 21.314-2008. 5 a 7 de Mayo. Espanha. 198-200.

Towle A. (1994). *Worckshop on self – directed learning*. Lisboa, Faculdade de Ciências Médicas.

Tytler, R., Duggan, S. e Gott, R. (2001). Dimensions of evidense, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*. 23(8), 815-823.

Valadares, J. (2004). *Estratégias construtivistas e investigativas no ensino das ciências.* Texto apresentado no Encontro "O Ensino das Ciências no âmbito dos Novos Programas", 4 de Maio: FEUP – Porto.

Valadares, J. (2007). *Didáctica da Física*. Trabalho para provas de agregação. Universidade Aberta.

Valadares, J. (2008). *O Ensino Experimental das Ciências: do conceito à prática: Investigação/ Acção/ Reflexão*. Universidade Aberta, Lisboa (disponível em Março http://www.proformar.org/revista/edicao_13/ensino_exp_ciencias .pdf).

Valente, M.O., Gaspar, A., Lobo, A., Salema, M.H., Morais, M.M. e Cruz, M.N. (1989). *Aprender a pensar: metacognição, bibliografia temática*. Lisboa: Departamento de Educação da FCUL, Projecto Dianoia.

Vieira, B. (2003). *Avaliação de elementos vestigiais atmosféricos na ilha Terceira, por biomonitorização*. Relatório de Estágio de Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society – the development of higher psychological processes*. Edited by M. Cole et al. Cambridge, Mas: Harvard University Press.

Vygotsky, L.S. (1979). *El desarollo de los processos psicologicos superiores*. Barcelona: Editorial Critica (Tradução da obra em inglês *Mind in society – the development of higher psychological processes, 1978*).

Vygotsky, L.S. (1986). *Pensamiento y lenguage*. Buenos Aires: Editorial la Pléyade.

Vygotsky, L. S. (1998). *Pensamento e Linguagem*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes.

Zohar, A. Weinberger & J. Tamir, P (1994). The Effect of the Biology Critical Thinking Project on the Development of Critical Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (2), 183-196.

Watts, M. (1991). *The Science of problem solving - A practical guide for science teachers*. Londres: Cassell.

Wellington, J. (1981). What's supposed to happen sir? Some problems with discovery learning. *Schools Science Review*, 63(222), 1167-173.

Wellington, J. (1998). *Practical work in school science: which way now*? London: Routledge.

Wellington, J. (2000). Teaching and learning secondary science. Londres: Routledge, 145-155.

Wertheimer, M. (1968). *Productive thinking*. Londres:Tavistock Publications.

West, S. (1992). Problem-Based Learning: a viable addition for secondary school science. *School Science Review*, 73(265), 47-55.

Witting, R. (1993). *General aspects of biomonitoring for heavy metals by plants*. In Figueira, R., 2002. Desenvolvimento de um Sistema de Biomonitorização Ambiental. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa.

Woods, D. (2000). *Problem-based learning: How to gain the most from PBL*. Hamilton: McMaaster Univerity, The Bookstore.

Woolnough, B. e Allsop (1985). *Practical work in science*. Cambrige: Cambrige University Press.