

Capítulo 2

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Ao longo deste capítulo serão apresentados os resultados da revisão bibliográfica efectuada que suportam em termos teóricos a investigação desenvolvida. Fruto dessa mesma revisão, são também referidos trabalhos de investigação que contribuíram decisivamente para a construção deste projecto e sua implementação. Claro que uma revisão desta natureza constitui logo à partida uma selecção, consequência da maior ou menor identificação com o pensamento dos diversos autores. Não obstante, é incontornável que se contextualize, num âmbito temporal e evolutivo, diferentes linhas de pensamento, bem como as perspectivas actuais que enquadram o tema em estudo, permitindo uma mais clara definição e delimitação dos contornos da investigação em causa.

2.1 A Educação em Ciências - os novos desafios no Ensino Superior

Em Portugal, no domínio da educação, vivem-se tempos de mudança. No que respeita ao ensino superior, consequência do processo de Bolonha, procura-se reestruturar cursos, metodologias e mentalidades, de forma a contribuir para a pretendida consolidação do espaço europeu de ensino superior. É evidente que, numa sociedade como a actual, esta convergência, ao permitir a mobilidade, a partilha de conhecimentos e ideias e o intercâmbio cultural, é de todo desejável. Contudo, há que ter em conta a realidade própria de cada país e concretamente do respectivo

sistema de ensino. Em suma, é preciso tempo para que ocorra uma efectiva adaptação às novas exigências, quer por parte dos alunos, quer por parte do corpo docente. Torna-se, por outro lado, também necessário que as reformas sejam efectivamente implementadas e avaliadas com objectividade. Não basta mudar o cenário, é fundamental que os actores desejem os papéis que lhes estão destinados e neles se empenhem, tarefa que não se apresenta fácil, nem para uns, nem para outros. Para os alunos, porque provêm de um percurso escolar claramente assimétrico, refém de estatísticas nos três primeiros ciclos da sua vida escolar e, no quarto, compreensivelmente condicionado pelos objectivos de ingresso no ensino superior. Como afirma Fiolhais (2004), o universo de estudantes que ingressa no ensino superior é cada vez mais heterogéneo e com qualificação mais reduzida. Para os docentes, salvaguardando devidas excepções, porque demasiado rotinados em métodos de ensino manifestamente ultrapassados, baseados em lógicas de transmissão de conteúdos assentes na exposição e muito pouco na interacção com os alunos, pese embora a evolução que novas teorias e modelos sobre os processos de ensino e aprendizagem têm vindo a sugerir. Nesta linha de pensamento destacamos a opinião de Pereira (2004):

Encontramo-nos numa fase em que temos pela frente a alternativa de agarrar esta oportunidade e fazer uma reflexão profunda sobre o Ensino Superior e adoptá-lo de facto às exigências do Processo de Bolonha e tornar-nos competitivos a nível Europeu ou fazer apenas uma operação cosmética em que tudo fique na mesma. (...)

O Processo de Bolonha será levado a bom termo se contar com a participação empenhada e responsável de todos, em particular docentes e discentes (pp. 17-19).

A redução da componente lectiva e presencial, a favor de uma componente de aprendizagem autónoma e auto-regulada, sustentada no acompanhamento tutório, tendo em vista a concretização de um ensino individualizado mas não solitário, que pressuponha um contacto próximo entre aluno e professor, traduz-se muitas vezes em resultados modestos. Estamos de acordo com Oliveira, Souza, Costa e Oliveira (2007) quando afirmam que os docentes devem motivar e interagir com os alunos de forma que estes entendam o papel central que devem desempenhar no processo de aprendizagem. Os mesmos autores destacam que, para concretizar esta interacção e motivação, torna-se necessário que os professores conheçam os interesses dos alunos, o modo como captam a informação e os seus conhecimentos prévios. Também se, por um lado, os alunos, fortemente condicionados por métodos de estudo desadequados assumidos ao longo dos anos e com uma gestão de tempo deficitária, não são capazes de se envolver mais activamente no processo de aprendizagem e não solicitam de forma racional a colaboração dos docentes, não é menos verdade que, por parte destes, é ainda residual a preocupação de criar essa necessidade e estimular a participação dos alunos nos espaços de apoio tutório.

Embora as dificuldades mencionadas anteriormente se manifestem de forma generalizada no decurso dos diversos anos curriculares das diferentes formações, fazem-se sentir com maior relevância ao nível do primeiro ano. Lencastre, Guerra, Lemos e Pereira (2000) referem a existência de uma elevada taxa de insucesso no primeiro ano e relacionam esse facto com o processo de adaptação ao ensino superior. Nesta fase

inicial de contacto com uma nova realidade, é grande a responsabilidade do próprio sistema em garantir as condições necessárias, para que esta transição se possa efectivar sem grandes traumas. Esta mudança para uma nova realidade envolve variados contornos, como por exemplo o que se retrata em seguida:

Como sabes, entrei na Universidade, mas ainda não aterrei de cabeça, o que talvez não seja necessariamente um mau sinal. A verdade é que a dimensão física do meu mundo mudou absurdamente; agora estou emparedado por enormes edifícios de ar sério e austero e sento-me em salas de aula onde caberiam todos os alunos da minha antiga escola; bem, quase todos.

Por aqui tudo tem tamanho XXL e é difícil saber para e por onde ir. (Rosário, Núñez e Pienda, 2006, p. 33)

Embora estejamos de acordo com Shuell (1986), quando afirma que a tarefa fundamental dos professores é conseguir que os alunos se envolvam nas actividades de aprendizagem e alcancem os resultados pretendidos, sendo que aquilo que os alunos realizam é mais importante para a determinação do que é aprendido do que aquilo que o professor faz, não podemos relegar para segundo plano outras vertentes que os docentes poderão e deverão assumir, nomeadamente as que dizem respeito à integração dos alunos no novo meio. A esse nível será desejável que participem em programas de recepção e acompanhamento, minimizando o distanciamento e lançando as bases de uma saudável interacção futura. Na opinião de Braxton e Hirschy (2004) quanto maior for o nível de envolvimento de uma instituição, com destaque para o papel dos docentes, no processo de adaptação dos estudantes, mais facilmente ocorrerá a sua integração.

No que respeita em concreto aos cursos na área de Engenharia, há que considerar aspectos importantes, que se relacionam com a respectiva especificidade. Entre outros, é fundamental ter em conta o contributo da formação em Física e Matemática, quer no período que antecede o ingresso no ensino superior, quer no próprio decurso da frequência dos diversos cursos de Engenharia. Como afirmam Edward (2002) e Verelst et al. (2009) um outro ponto de grande relevância reside na componente laboratorial e na sua importância na aquisição de competências determinantes para um futura vida profissional de sucesso, não apenas ao nível de conhecimentos científicos, mas também em relação aos aspectos ligados ao trabalho em equipa e à comunicação.

Relativamente à Física e à Matemática é por claramente conhecida e amplamente debatida a menor afinidade dos alunos para com estas disciplinas. Essa menor afinidade encontra-se traduzida não apenas nos resultados geralmente obtidos em provas de avaliação, mas também nas próprias análises e comentários de alunos e docentes. Trata-se de um problema vasto e complexo, com inúmeras variáveis envolvidas. Com o objectivo de minorar as consequências desta situação, torna-se necessário continuar a idealizar e implementar diferentes estratégias, algumas com efeitos a médio e longo prazo (Couto, 2007). É evidente que não é de esperar que medidas tomadas ou a tomar se traduzam no imediato em resultados de avaliação significativamente mais favoráveis. Longe de constituir uma crítica em relação ao excelente trabalho que, de um modo geral, tem sido levado a cabo no ensino básico e secundário, fruto do empenho de alunos e professores, não é razoável concluir que a evolução

tenha sido significativa, face à análise de resultados obtidos nos exames nacionais, demasiado dependentes do grau de exigência das provas elaboradas. Neste ponto devem até destacar-se pela negativa as prestações no domínio da Física que nos últimos anos têm ficado aquém das de Matemática. Dado que em relação à Física existirá um menor mediatismo, a esta situação não tem sido dada a devida relevância.

A intervenção no ensino superior, tendo em vista o alcance de níveis de sucesso consideráveis, não pode traduzir-se, conforme salienta Ferreira (2009), citando o Senado da Universidade Técnica de Lisboa (2000) pela adopção de soluções triviais, tais como a redução da exigência, que tão maus resultados tem proporcionado nos ensino básico e secundário, com inevitáveis consequências a nível do ensino superior, ou a prescrição de alunos não elegíveis para financiamento. É necessário combater as causas efectivas de insucesso, a partir de uma avaliação profunda do sistema de ensino e uma actuação competente quer ao nível do ensino superior, quer nos restantes níveis de ensino.

2.1.1. Caminhos: do ensino básico ao ensino superior

Um estudo considerado a nível internacional de grande relevância, no âmbito das avaliações dos resultados dos sistemas educativos é o TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) (DGCIDC, 2005). Este estudo, com início em 1991, encontra-se estruturado em ciclos de quatro anos e tem como objectivo avaliar o

desempenho dos alunos em Matemática e Ciências, em função dos currículos propostos e implementados nestas disciplinas.

Portugal participou no ciclo que se concluiu em 1995. O estudo em causa consistiu na resolução de testes e na realização de tarefas experimentais nas referidas disciplinas e na aplicação de questionários a alunos, professores e escolas. Estiveram envolvidos alunos dos 7º e 8º anos de escolaridade de quarenta e um países.

Os resultados obtidos pelos alunos portugueses tanto em Matemática como em Ciências não foram animadores. Em Matemática, Portugal ocupou o último lugar entre os países europeus, sendo trigésimo sétimo no 7º ano de escolaridade e trigésimo sexto no 8º ano. No que respeita a Ciências, embora a prestação tenha sido ligeiramente mais favorável, Portugal ficou-se no 7º ano pela trigésima terceira posição e pela trigésima quinta no 8º ano. O facto de não ter ocupado a Ciências o último lugar entre os países europeus não foi de todo motivo de satisfação.

Um outro projecto de referência é o estudo PISA (Project for International Student Assessment), lançado em 1997 pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), com o qual se pretende monitorizar, de um modo regular, os sistemas educativos ao nível do desempenho dos alunos.

O PISA pretende, em concreto, avaliar a capacidade de jovens de quinze anos para utilizarem os seus conhecimentos na resolução de situações próximas da vida real, em lugar de procurar testar o domínio de conceitos relacionados com determinado currículo escolar. Com os resultados deste estudo os responsáveis dos países participantes têm a possibilidade de definir ou reestruturar as respectivas políticas educativas, no sentido de proporcionar aos jovens uma melhor preparação para o futuro.

O PISA encontra-se organizado em ciclos de três anos. O número de países envolvidos tem vindo a aumentar, desde os trinta e dois que participaram em 2000 na primeira recolha de informação, até aos cinquenta e sete que se envolveram em 2006.

Em 2000, o estudo teve como principal domínio de avaliação a literacia em contexto de leitura. Em 2003, o estudo deu mais ênfase à literacia matemática, tendo como domínios secundários as literacias de leitura, científica e a resolução de problemas. No estudo que decorreu em 2006 o maior enfoque foi dado à literacia científica.

No que diz respeito à prestação dos jovens portugueses, é de salientar que o seu desempenho médio global a literacia científica tem vindo a registar alguma evolução positiva. Contudo, é de referir que os alunos que frequentam o 7º, 8º e 9º ano de escolaridade apresentam resultados significativamente inferiores à média de resultados da OCDE. Precisamente

o contrário se verifica em relação aos alunos de 10º e 11º ano de escolaridade. Estes alunos exibem desempenhos bem acima da citada média.

Uma das razões apontadas no relatório nacional por Pinto-Ferreira, Serrão e Padinha (2007) para essa evidência, prende-se com o facto de o insucesso escolar e a persistência da repetência condicionarem os resultados dos alunos que, com a idade requerida pelo estudo, ainda se encontravam a frequentar o 7º e 8º ano. Estes alunos não possuiriam conhecimentos, nem as necessárias competências para realizar com êxito o teste cognitivo do programa PISA.

Em contrapartida, os resultados dos alunos que frequentavam o 10º e 11º ano, situados significativamente acima da média de resultados da OCDE, poderão conduzir à seguinte reflexão: esta capacidade para resolver situações próximas das vividas no quotidiano, não poderia ser potenciada na escola, utilizando-a nomeadamente quando está em causa a aquisição de determinados conceitos fundamentais?

Ainda que no estudo PISA tenha sido considerada uma amostra relativa ao total de alunos que frequentam os anos de escolaridade envolvidos, dado o modo como foi seleccionada, permite algumas leituras de significativo interesse. Uma delas é pertinente e consiste na confrontação entre os resultados do estudo conseguidos por alunos do 10º e 11º ano e os obtidos nos exames nacionais do ensino secundário, nos quais

as disciplinas de Física e Química e de Biologia e Geologia continuam a apresentar médias negativas, conforme se pode constatar a partir da análise do Quadro 1. Estarão os programas leccionados e as metodologias utilizadas no ensino secundário desajustados face às reais necessidades dos alunos? Será que não existe uma clivagem demasiado acentuada entre o terceiro ciclo do ensino básico e o ensino secundário? Essa clivagem não terá ainda mais significado face a um eventual menor grau de exigência verificado no ensino básico?

Quadro 1 – Resultados dos exames nacionais do Ensino Secundário

EXAMES NACIONAIS DO ENSINO SECUNDÁRIO												
<i>Disciplinas</i>	2009			2008			2007			2006		
	Nº Alunos prova	Média	% Rep.	Nº Alunos prova	Média	% Rep.	Nº Alunos prova	Média	% Rep.	Nº Alunos prova	Média	% Rep.
Física e Química A	36601	8,4	24	31760	9,3	22	29209	7,2	21	19962	7,4	21
Matemática A / Matemática	38303	10,0	15	36674	12,5	7	42435	9,4	19	40557	7,3	29
Biologia e Geologia	38435	9,5	11	39890	10,5	8	32205	9,1	12	21111	9,7	9

Ainda que possam ser afirmativas todas as respostas às questões formuladas, somos de opinião que cada vez mais deverá ser dada relevância crescente e estimulada a interligação entre as vivências dos alunos e o processo de ensino e de aprendizagem no espaço lectivo. Deste modo os diversos temas não irão surgir na mente dos alunos desligados da realidade e as estratégias assim baseadas serão certamente mais motivadoras.

2.1.2. O insucesso no ensino superior

As fragilidades para que apontam os resultados mencionados anteriormente não deixarão, necessariamente, de ter reflexos ao nível do ensino superior. Contudo, não será de todo correcto justificar o insucesso, em termos gerais, com um deficiente grau de preparação e com um cada vez menor empenho da grande maioria dos alunos. Dada a complexidade sistémica da questão, os professores do ensino superior deverão, eles próprios reflectir sobre as suas práticas lectivas. Será também determinante que possam introduzir modificações, resultantes de análises cuidadas acerca dos processos que se desenvolvem em espaço de aula. Um aspecto importante prende-se com a necessidade da implementação de estratégias de remediação que possam contribuir para a aquisição de competências e para o aumento dos níveis de auto-estima e confiança dos alunos. Fundamental nos parece também estabelecer relações de maior proximidade com os alunos e ganhar a respectiva confiança. O docente do ensino superior deve dar a devida importância à componente lectiva e procurar melhorar a sua prestação ao nível pedagógico. Efectivamente ensinar não é fácil, como muitos julgam ser:

Trabalhos realizados com maior fundamentação, que podem conduzir à emergência de um novo campo de conhecimento, só ganham verdadeira importância quando as dificuldades começam a acumular-se, tornando-se inevitável a procura de novas soluções para a resolução de alguns problemas. Contudo, mesmo assim, essa necessidade não supõe uma aceitação imediata por parte dos pares. No caso concreto da Didáctica das Ciências, é preciso ter em conta as tradições docentes (e sociais) extremamente enraizadas que consideram o ensino uma tarefa simples, para a realização da qual basta conhecer a matéria, ter alguma prática docente e ter alguns conhecimentos “pedagógicos” de carácter geral. (Cachapuz et al., 2001, p.157)

Na perspectiva de Mas (1994), o professor, através da investigação didáctica, adquire uma atitude profissional diferente, sendo capaz de proporcionar uma nova visão da natureza e, simultaneamente, compreender a forma como o aluno aprende. Conforme referido por Ribeiro (2001), também Gil Pérez, no VII Encontro Nacional de Educação em Ciências, realizado em Outubro de 1999, na Universidade do Algarve, afirmou que os professores que desenvolvem trabalhos de investigação, para além de obterem melhores resultados com os alunos, parecem manifestar um novo interesse pela docência e pelos problemas relativos à educação.

A componente lectiva não pode, de modo algum, ser minorizada face a todas as outras funções, como, por exemplo, a de investigação científica, que constituem o dia-a-dia de um professor do ensino superior (Forest, 2007).

2.1.3. O ensino superior num mundo em mudança

Todo este quadro é indissociável dos novos desafios que se colocam ao ensino superior, neste período que se pretende de significativas transformações internas. O próprio mundo tem vindo a sofrer consideráveis mudanças, fruto das alterações que nas últimas décadas o transformaram, quer do ponto de vista económico, quer do ponto de vista social, reflectindo-se profundamente nos comportamentos e valores.

Como referem Simão, Santos e Costa (2002) no que diz respeito à União Europeia (UE), o Conselho Europeu definiu em 2000, naquela que se tornou conhecida por Cimeira de Lisboa, como objectivo estratégico para a actual década, fazer da UE uma economia baseada no conhecimento, mais competitiva e dinâmica, capaz de um crescimento sustentável, com mais e melhores empregos e maior coesão social.

Para a concretização destes objectivos terão de ser efectuados consideráveis investimentos na inovação tecnológica e na investigação científica, pelo que se configuram de grande importância as ofertas formativas a nível de ensino superior, no domínio das ciências e em particular nas áreas de engenharia. De acordo com Romer (2007), o papel das políticas públicas para a formação de engenheiros é particularmente crítico para o crescimento económico a longo prazo. Nesta abordagem conceptual ao desenvolvimento económico, o conhecimento surge como motor fundamental do processo de desenvolvimento.

A figura que se apresenta em seguida mostra a evolução da percentagem de engenheiros na população activa entre os 25 e os 64 anos, ao longo do século XX em alguns países da OCDE.

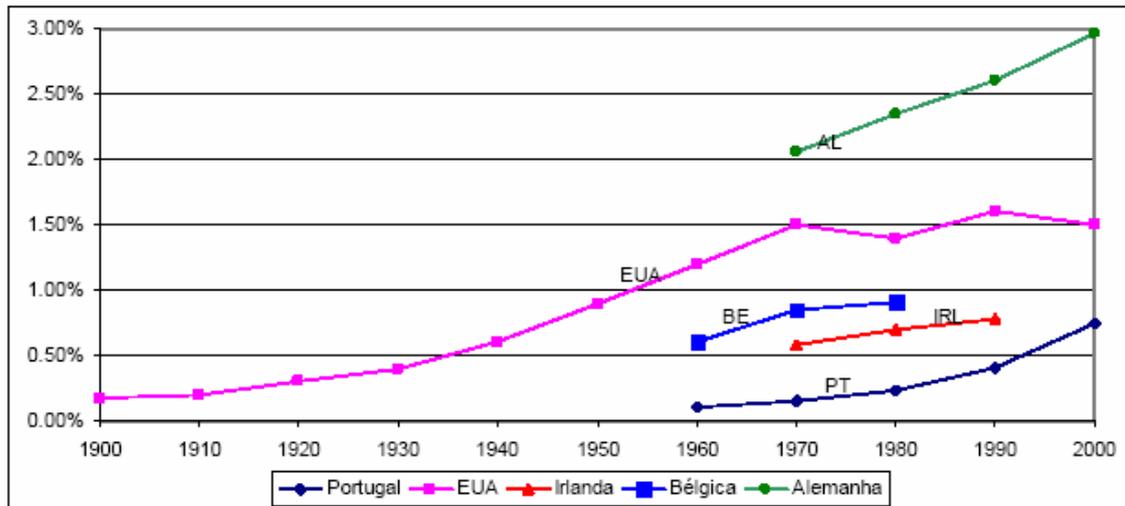


Figura 1 - Engenheiros na população activa entre os 24 e 64 anos. Amaral (2005)

A partir da análise da figura pode verificar-se, em Portugal, um aumento mais significativo da referida percentagem a partir da década de oitenta. No entanto, apesar desse aumento, ressalta a existência de um défice português na formação de engenheiros face a outros países mais desenvolvidos. No caso particular de grandes potências económicas mundiais, como são o caso dos Estados Unidos e da Alemanha, em particular em relação a esta última, as diferenças relativamente ao nosso país apresentam-se ainda mais relevantes. Esta situação tem vindo necessariamente a reflectir-se ao longo dos anos no crescimento económico e a acentuar o afastamento de Portugal relativamente aos países mais evoluídos.

O fenómeno da globalização, resultado do vertiginoso avanço científico ao nível das tecnologias de informação e comunicação e da evolução dos meios de transporte, permitiu o encurtamento das distâncias e a contracção dos tempos, colocando em contacto próximo zonas longínquas

do globo. Sem dúvida que este fenómeno também tem vindo a ter um papel importantíssimo em relação ao conhecimento e à sua partilha, influenciando de modo significativo os processos de aquisição de competências nos diferentes níveis de ensino.

Segundo Moraes (2005), o grande problema da Educação resulta do modelo de ciência que prevalece em determinado momento histórico e que influencia as questões epistemológicas, as teorias de aprendizagem e as actividades pedagógicas desenvolvidas. Existe uma interacção permanente entre o referido modelo de ciência, os processos de construção e transmissão do conhecimento e o próprio modo de ser, fazer e estar em sociedade. Para Bonito, Raposo, Macedo e Trindade (2006) o actual professor de ciências está perante uma tarefa bem mais exigente e complexa que há algumas décadas atrás. O ensino hoje em dia não é mais uma simples aquisição de conhecimentos, mas sim um processo de construção do conhecimento científico.

No decurso da prática docente podem vislumbrar-se modelos de educação alicerçados em determinadas teorias do conhecimento e da aprendizagem. Do mesmo modo que por ela é influenciada, a educação determina também o modelo de ciência. O modelo da ciência explica a relação do indivíduo com o mundo que o rodeia, esclarecendo o modo como a pessoa observa e entende esse mundo, modo esse que se revela determinante na maneira como esse conhecimento, por sua vez, é ensinado e construído. Esta relação do indivíduo com o mundo exterior fez parte das

reflexões englobadas no Relatório da Comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI da UNESCO (1996).

2.1.4. Um olhar sobre o passado

Para uma melhor compreensão do que tem sido a evolução dos paradigmas educacionais ao longo dos anos e a respectiva influência na educação dos nossos dias, torna-se importante olhar para trás no tempo e reflectir sobre as situações ocorridas no passado.

Se recuarmos até à Idade Média, poderemos inferir que a visão do mundo então dominante compreendia uma relação íntima entre os fenómenos materiais e a interpretação espiritual. A realidade tinha uma proveniência sagrada e ao homem cabia a contemplação e a aceitação dessa harmonia divina. Conforme salienta Gonçalves (1991), nessa época e durante séculos a fé ocupou um lugar de destaque, dela derivando a razão, sendo necessário crer para poder compreender.

Com a chegada dos séculos XVI e XVII, a ciência medieval começou a ser alvo de profundas mudanças. Numa época marcada por importantes descobertas em Física e Astronomia, resultantes dos trabalhos de Nicolau Copérnico, Johannes Kepler e Galileu Galilei, a interpretação divina dá lugar ao racionalismo. Como destaca Stengers (1996) para Galileu há dois poderes que se afrontam: o da tradição, resultado da aceitação da palavra divina e o dos factos, passíveis de ser interpretados

pela razão. O homem encontra-se no dealbar da Idade Moderna, época do Renascimento e da grande aventura marítima dos Descobrimentos.

A obra de Kepler influencia de forma significativa o desenvolvimento das ciências físicas. Kepler valoriza as observações quantitativas e a sua precisão, considerando-as como suporte fundamental para a formulação de teorias aceitáveis. A pessoa de Galileu também é uma figura de grande importância desta época, dado o relevo dos seus trabalhos e descobertas no âmbito da Física e Astronomia, bem como pelo facto de ter introduzido a descrição matemática da natureza e a abordagem empírica, característica predominante do pensamento científico do século XVII.

De salientar igualmente Francis Bacon que, em Inglaterra, nessa mesma época, descrevia o seu método empírico da ciência, formulando a sua teoria do procedimento indutivo, referida por Stengers (1996) e Holton e Brush (2001) com destaque para a investigação das denominadas únicas causas eficientes, a observação dos fenómenos individuais e a correspondente generalização prudente a partir deles, constituindo uma interpretação legítima da natureza.

No século XVII viveu também o filósofo e matemático francês René Descartes, considerado como iniciador do racionalismo moderno. Desenvolveu o método analítico que propunha a decomposição do pensamento e dos problemas em partes que os compunham e a sua

estruturação segundo uma ordem lógica. Descartes formula o princípio de raciocinar como se questionasse tudo, partindo de uma dúvida considerada universal. Como destaca Gamba (1973), a dúvida de Descartes não é céptica, mas pelo contrário pretende livrar o homem do cepticismo. A dúvida que preconiza é uma dúvida metódica. Tenta encontrar, antes de tudo, um método. A sua obra fundamental é, precisamente, o Discurso do Método, da busca do caminho, da direcção que conduza ao fim que pretende. O método que Descartes procura é aquele que permita, com segurança e em etapas firmes, a edificação duma ciência que ofereça à razão as necessárias garantias. Uma ciência que permita o acesso a um conhecimento prático e relevante para a vida, como ressalta das suas palavras:

Mais, sitôt que j'ai eu acquis quelques notions générales touchant la physique, et que, commençant à les éprouver en diverses difficultés particulières, j'ai remarqué jusques où elles peuvent conduire, et combien elles diffèrent des principes dont on s'est servi jusques à présent, j'ai cru que je ne pouvois les tenir cachées sans pécher grandement contre la loi qui nous oblige à procurer autant qu'il est en nous le bien général de tous les hommes : car elles m'ont fait voir qu'il est possible de parvenir à des connoissances qui soient fort utiles à la vie; et qu'au lieu de cette philosophie spéculative qu'on enseigne dans les écoles, on en peut trouver une pratique, par laquelle, connoissant la force et les actions du feu, de l'eau, de l'air, des astres, des cieux, et de tous les autres corps qui nous environnent, aussi distinctement que nous connoissons les divers métiers de nos artisans, nous les pourrions employer en même façon à tous les usages auxquels ils sont propres, et ainsi nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature. (Descartes, 1824, p.192)

Uma personagem que partilhou a mesma época foi Isaac Newton. A sua visão do mundo constituiu uma verdadeira revolução a nível científico. O universo, essa máquina perfeita que descreveu, funcionava, no seu entender, como um enorme sistema mecânico regido por leis físicas e

matemáticas. Este modelo esteve na origem do mecanicismo que se tornou uma das grandes premissas da Idade Moderna e que caracterizou a revolução científica então ocorrida.

O paradigma tradicional fundamentava-se então num conhecimento alegadamente objectivo, adquirido através da observação, baseado na busca da verdade, segundo critérios sustentados pela razão. A verdade era exterior ao sujeito e a sua descoberta resultava da informação captada pelos sentidos e do labor da razão que procurava decompor a informação, conduzindo o pensamento do mais simples ao mais complexo. A mente e a matéria eram consideradas separadas sendo conferida maior importância à primeira. O mundo formava uma máquina perfeita cuja descrição não dependia do sujeito observador. Para este encontrava-se reservado um papel com reduzido significado, sendo ignoradas a complexidade e a dimensão próprias do ser humano. O reflexo deste pensamento fez-se necessariamente sentir na educação.

A influência do paradigma tradicional na educação traduz-se em múltiplos aspectos. A escola limita demasiado a acção dos seus alunos, reduzindo a respectiva participação. Os comportamentos dos alunos envolvem uma atitude passiva, a memorização, a repetição, associados a um centralismo evidente em torno do papel do professor, anulando claramente a possibilidade de uma relação de interactividade na construção do conhecimento. A escola divide o conhecimento em temas, separando o todo em partes, algo que Descartes já havia preconizado na sua obra

Discurso do Método, em norma que mandava dividir cada dificuldade em tantas partes quantas as necessárias para vencê-las (Gambra, 1973). A escola também dá ênfase ao processo de transmissão de conteúdos, pelo professor. Os alunos são tidos como receptores e acumuladores do conhecimento.

No ocaso do século XIX e nos primórdios do século XX, novas descobertas da ciência vêm revolucionar a visão mecanicista do mundo, resultante do paradigma cartesiano-newtoniano. Os trabalhos de Max Planck estiveram na origem da denominada mecânica quântica e colocaram uma série de questões em relação ao pensamento científico vigente até então.

Em 1900, Max Planck apresentou uma teoria que evidenciava o facto da energia se apresentar sob a forma de minúsculos pacotes ou fardos. Estes pacotes surgiam apenas em quantidades fixas, função de uma constante, denominada por constante de Planck, em lugar de serem divisíveis ou apresentarem um intervalo contínuo de valores. Inicialmente Planck considerou a utilização da referida constante, como um recurso de cálculo necessário à explicação da emissão e absorção da luz, mas que não teria aplicação relativamente à real natureza da luz. Contudo, alguns anos mais tarde, viria a salientar:

(...) the quantum would have to play a fundamental rôle in physics, heralding the advent of a new state of things, destined, perhaps, to transform completely our physical concepts which since the introduction of the infinitesimal calculus by Leibniz and Newton have been founded upon the assumption of the continuity of all causal chains of events. (Planck, 1922, p.7)

Albert Einstein, um dos maiores cientistas de todos os tempos, rapidamente compreendeu que a nova teoria estava em vias de destronar a física clássica. Considerou a luz como se fosse efectivamente constituída por partículas minúsculas, em lugar de ser uma onda contínua. A essas partículas atribuiu o nome de *quanta* (plural de *quantum*) de luz, como pode ler-se num dos artigos que publicou em 1905:

In accordance with the assumption to be considered here, the energy of a light ray spreading out from a point source is not continuously distributed over an increasing space but consists of a finite number of energy quanta which are localized at points in space, which move without dividing, and which can only be produced and absorbed as complete units. (Einstein, 1905, p.133)

Num outro artigo desse mesmo ano, apresentou uma importante conclusão. Segundo as suas próprias palavras: *a massa de um corpo é a medida do seu conteúdo de energia*. A essa asserção ficava associada uma das relações mais célebres da física $E = mc^2$. Massa e energia são diferentes manifestações do mesmo algo. Existe um intercâmbio entre elas, não havendo uma verdadeira distinção entre massa e energia.

Além das contribuições científicas já referidas, também as descobertas de Einstein relacionadas com a teoria da relatividade, os trabalhos de Heisenberg, que resultaram no conhecido princípio da incerteza, que evidencia a perturbação causada pelo observador no processo de medição, bem como as pesquisas de outros cientistas, vieram contribuir para que a visão do mundo, até aí assente nas concepções cartesiana e newtoniana, sofresse, no decorrer do século XX, uma significativa alteração. Conforme refere Capra (1997), o mundo passou a

ser concebido em termos de movimento, fluxo de energia e processo de mudança.

A partir deste novo modo de procurar compreender a realidade evidencia-se a necessidade de analisar o mundo como um todo, em que todas as suas partes interferem entre si, nomeadamente no que diz respeito ao próprio observador e aos instrumentos que utiliza nas suas análises. Os fenómenos têm de ser estudados à luz da interacção que ocorre entre eles e não podem ser fragmentados como preconizava o modelo mecanicista. Essa tarefa cabe ao pensamento humano que fragmenta a sua realidade, mas a sua visão não é passível de ser separada da natureza. O conhecimento deixa de ser considerado numa perspectiva estática, conhecimento-estado, para ser entendido de um ponto de vista dinâmico, como conhecimento-processo, com necessárias implicações na compreensão relativa ao desenvolvimento de cada indivíduo.

Como refere Moraes (2005), esta visão sobre a totalidade, o pensamento sistémico aplicado à educação, implica a tarefa de substituir a compartimentação do paradigma tradicional pela integração, desarticulação por articulação, descontinuidade por continuidade, conduzindo ao surgimento de um novo paradigma educacional. Importa relevar as ideias de Morin (1999) que defende a necessidade de evitar uma excessiva especialização no ensino e nas profissões, incapaz de conferir uma visão global da realidade. O facto de se conhecer apenas partes separadas da realidade impede o sujeito de enfrentar e compreender os problemas

fundamentais do mundo. Devem fornecer-se aos alunos as ferramentas de conhecimento, que os tornem capazes de ligar os saberes dispersos.

2.1.5. Um novo paradigma educacional

Este novo modelo, ao considerar a pessoa como um ser indiviso, que estrutura o seu conhecimento em permanente interacção com o mundo envolvente, nas suas diversificadas facetas, pressupõe em termos educacionais a utilização de novos meios de diagnóstico, de metodologias inovadoras em investigação, que possam conduzir à identificação de necessidades concretas, à implementação de novos processos de ensino e aprendizagem e à criação de materiais adequados que possam dar resposta aos novos desafios que se colocam.

O mundo actual, fruto dos avanços tecnológicos, particularmente nas áreas da electrónica e telecomunicações, prima cada vez mais pela interligação e interactividade, o intercâmbio de culturas e do conhecimento é galopante. O indivíduo singular absorve influências provenientes do mundo que o rodeia e particularmente dos outros sujeitos individuais com que interage. Em termos educacionais é necessário individualizar, embora em situação social e contextual, o processo educacional. Cada estudante é um ser com as suas particularidades, com o seu conhecimento próprio, com diferentes competências que foram adquiridas de modos distintos, com apetências diversas para resolver problemas. Embora os conteúdos transmitidos tenham a sua relevância, torna-se fundamental o modo como o

processo de transmissão desses conteúdos é de facto efectuado. O aluno tem de colaborar activamente neste processo, deve ver estimuladas as suas capacidades de reflexão e análise, é importante que tome consciência do seu nível de conhecimentos e que interaja com os seus pares e professores. O conhecimento de si próprio é um ponto de partida determinante para a aquisição de novas competências e para um desenvolvimento cognitivo e emocional que potencie as suas qualidades intrínsecas. A colaboração activa do aluno é um dos aspectos evidenciados no trabalho de Benlloch-Dualde e Blanc-Clavero (2007) no âmbito de uma unidade curricular de Tecnologia da Computação.

O papel do professor deve necessariamente assumir contornos diferentes no âmbito deste novo paradigma educacional. Tem de interiorizar que integra um processo altamente dinâmico, conducente à procura sistemática de práticas adequadas e sempre reequacionáveis, no quadro de um novo referencial teórico. A reflexão no decorrer da sua intervenção e após esta é de importância capital no seu desempenho.

De acordo com Prado (1996), a reflexão do professor no decurso da acção estabelece um dinamismo de novas ideias e de novas hipóteses que exigem ao professor um modo de pensar e agir mais flexível. É necessário que consiga estabelecer e comparar novos modelos, novas estratégias de acção e novos modos de identificar e ultrapassar as várias situações que vão surgindo na sua prática diária.

Claro que não menos importante é a reflexão do professor acerca da sua intervenção, que tem lugar quando aquele se consegue distanciar da sua prática e sobre ela se debruça, procurando analisar e explicitar as ocorrências, numa tentativa empenhada de evidenciar os aspectos positivos e os negativos, dados fundamentais para a compreensão da sua própria prática e a prossecução da sua caminhada. Por sua vez Alarcão e Moreira (1993) afirmam que a tarefa de ensinar requer um conhecimento de base com base no qual se tomam decisões. Embora esse conhecimento constitua uma condição necessária, não é no entanto suficiente. O ensino requer a capacidade de enfrentar situações inesperadas, de ter atenção em relação à aprendizagem, de tomar decisões e de agir. O processo de ensino e de aprendizagem pressupõe que o professor reflecta sobre as suas intervenções e possa aplicar na prática o resultado dessa reflexão.

Este novo paradigma educacional, alicerçado numa abordagem construtivista, propõe a evolução do conhecimento e a aquisição de novas competências pelo aluno, a partir de uma estrutura cognitiva já existente em cada um, com recurso a uma forma de pedagogia criativa, dinâmica, estimulante, com base na descoberta, na pesquisa, na abertura e diálogo permanentes, incentivadora do espírito de cooperação e do trabalho em grupo.

De acordo com o pensamento de Vygotsky, evidenciado por Neto (1998), devem distinguir-se duas formas de conhecimento prévio de um aluno, às quais correspondem duas categorias distintas de conceitos:

- Os conceitos que o aluno assimila de forma natural, como resultado da sua interacção com o meio físico, social e cultural, designados por conceitos espontâneos e que constituem uma parte considerável das denominadas concepções alternativas;
- Os conceitos que o mesmo aluno adquire, na maior parte dos casos no seu percurso escolar, de um modo mais formal e sistemático, designados por conceitos científicos.

Para qualquer destas categorias de conceitos ocorre um processo de desenvolvimento de longa duração e assaz complexo, não constituindo, por esse motivo, algo que seja assimilado de forma definitiva e acabada, mas sim estando ligado a todo um percurso interno e externo do indivíduo.

No que respeita aos conceitos espontâneos e concretamente na investigação na área da educação em ciências, muito do que se começou por fazer esteve relacionado com a identificação desses conceitos, subvalorizando todo o processo de formação que se encontrava na sua base. Por esse motivo, entendeu-se como fácil, em algumas variantes do modelo de aprendizagem por mudança conceptual (Posner et al., 1982), provocar no aluno o abandono de concepções, inúmeras vezes associadas a mitos e crenças profundamente enraizados (Neto, 1998; Serrano, Neto e Reis, 2007).

Na realidade, o interesse de Vygotsky neste âmbito era significativamente mais completo. Procurou investigar os processos de formação e de utilização cognitiva das duas categorias de conceitos, diferenciando-as claramente, mas sem ter em mente o estabelecimento de um antagonismo entre elas, revelando nomeadamente os próprios mecanismos de interacção entre ambas.

Segundo Neto (1998), tendo por base Vygotsky, as especificidades do desenvolvimento de cada categoria de conceitos são as que se seguem:

- Os conceitos científicos desenvolvem-se de um modo mais rápido que os conceitos espontâneos que lhes correspondem, se o aluno usufruir de experiências de ensino e aprendizagem adequadas.
- Os conceitos científicos, dado que beneficiam do suporte proporcionado pelo professor, seguem, de um modo geral, um trajecto que vai do abstracto ao concreto, enquanto que os conceitos espontâneos, dada a inexistência do referido suporte, seguem um trajecto contrário ao irem do concreto ao abstracto.
- Pela mesma ordem de razões relativamente ao ponto anterior, os conceitos científicos desenvolvem-se a um nível de compreensão de ordem mais metacognitiva (mais consciente) do que os espontâneos, actuando aqueles como porta de acesso no indivíduo das capacidades de pensamento reflexivo e metacognitivo.

Dada a respectiva natureza, existe, assim, alguma complementaridade entre as duas categorias de conceitos. A natureza dos conceitos científicos estimula a sua utilização deliberada, ao contrário dos conceitos espontâneos. Quanto a estes, a sua estreita ligação ao mundo quotidiano e o seu carácter concreto, contrastam favoravelmente com o considerável grau de abstracção dos conceitos científicos e seu afastamento em relação à realidade vivida (Pozo e Gómez Crespo, 1998; Daniels, 2001; Hedegaard, 2001).

No entanto, a proximidade dos conceitos espontâneos à realidade concreta pode constituir um ponto desfavorável a estes. Quando deles é solicitada uma definição, torna-se mais complexo ao indivíduo formulá-la do que no caso dos conceitos científicos, dado o facto de a formação dos conceitos espontâneos envolver um elevado número de elementos cognitivos de ordem tácita (Polanyi, 1974; Vygotsky, 1976). Uma vez que os conceitos espontâneos estão, segundo as palavras de Vygotsky, “saturados de experiência”, um conceito espontâneo evoca na mente de um aluno todo um vasto historial, muito mais reduzido em relação aos conceitos científicos. Como salienta Polanyi (1966), o professor necessita de estar atento para relacionar as intervenções dos alunos com o seu próprio conhecimento tácito:

(...) espontâneo, intuitivo, experimental, conhecimento quotidiano, do tipo revelado pela criança que faz um bom jogo de basquetebol, (...) ou que toca ritmos complicados no tambor, apesar de não saber fazer operações aritméticas elementares. Tal como um aluno meu me dizia, falando de um seu aluno: ele sabe fazer trocos mas não sabe somar os números. Se o professor quiser familiarizar-se com este tipo de saber, tem de lhe prestar atenção, ser curioso,

ouvi-lo, surpreender-se, e actuar como uma espécie de detective que procura descobrir as razões que levam as crianças a dizer certas coisas. (p.82)

Na opinião de Vygotsky (1986), é principalmente a partir da experiência escolar e do conseqüente contacto com os conceitos científicos que o pensamento abstracto e a competência metacognitiva se começam a formar e a consolidar na criança, desde que esta encontre um suporte externo, através da interacção linguística. Entre outras ciências e dada a sua natureza, a física destaca-se pelo importante papel que a esse nível desempenha. Os conceitos físicos implicam necessariamente o estímulo e o desenvolvimento de capacidades de ordem cognitiva e metacognitiva, face aos desafios que colocam, tal como reconhece Neto (1998).

No mundo de hoje, em plena era da globalização, com uma sociedade rodeada por novas tecnologias e avançados meios de informação e comunicação, em constante e rápida evolução, são inúmeros os desafios que se colocam aos jovens. Perante este quadro, a escola tem de ser capaz de preparar os seus alunos para a realidade que virão a enfrentar no seu futuro. É determinante que, no decorrer do seu percurso escolar, sejam desenvolvidas competências de pensar, actuar e ser, que lhes permitam adquirir a capacidade de aprender a aprender. Estas competências, sendo igualmente úteis na sua vida escolar, irão revestir-se de uma ainda maior importância ao longo da vida, onde hoje em dia e cada vez mais no futuro, se revela a necessidade das pessoas se encontrarem preparadas para assumirem diferentes funções e enfrentarem desafios distintos, realizando uma efectiva aprendizagem ao longo da vida. Esta mesma argumentação é

apresentada pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económicos (OCDE):

Success in realising lifelong learning (...) will be an important factor in promoting employment, economic development, democracy and social cohesion in the years ahead. (OECD, 1996, p.13)

Conforme refere Alonso (2006), o paradigma da aprendizagem ao longo da vida tem como ideia nuclear que todas as pessoas têm capacidade para aprender ao longo da sua vida (desde o nascimento até à morte), sempre que lhes sejam oferecidas condições para aprender com e através da experiência, valorizada e reflectida. Outra premissa fundamental é o entendimento do conhecimento como complexo, integrado, dinâmico e aberto, que tem que ser construído e transformado nos processos de aprendizagem em saber significativo e relevante para a vida, as denominadas competências. Deste modo, o aprender a aprender e a continuar aprendendo constitui-se como uma competência-chave central, com implicações substanciais na organização dos ambientes e processos de aprendizagem.

Na preparação dos cidadãos para a vida, as instituições de ensino superior desempenham um papel crucial. Os seus alunos terão ao seu alcance a possibilidade de adquirir novas competências e melhorarem aquelas que já possuem, de forma a estarem habilitados a responder aos desafios que lhes irão ser colocados, em função das alterações demográficas, efeitos da globalização e da própria reestruturação económica a nível global (Green, 2002). Também no documento “O Papel

das Universidades na Europa do Conhecimento” (Comissão das Comunidades Europeias, 2003) se refere que as instituições de ensino superior deverão contribuir para colmatar as lacunas de educação e formação, incluindo a necessidade de educação científica e técnica, a aquisição de competências transversais e a possibilidade de aprendizagem ao longo da vida.

Naturalmente que o papel das instituições de ensino superior neste âmbito passa igualmente por estimular capacidades relacionadas com o aprender a aprender, muitas vezes totalmente ignorado neste nível de ensino e frequentemente esquecido em percursos anteriores do aluno. O aprender a aprender é fulcral para que na prática se possa realmente efectivar a aprendizagem ao longo da vida (Aspin e Chapman, 2000; National Research Council, 1999). Contrariamente ao que foi aceite durante anos, em relação ao desenvolvimento cognitivo e à forma como este se processa e consolida, a sua evolução não termina na adolescência. Abandonava-se a ideia de que o indivíduo, ao atingir um suposto nível máximo de desenvolvimento intelectual na fase da adolescência, já não teria condição para aprender muito mais, nem prosseguir o seu desenvolvimento cognitivo.

Para Vygotsky, o desenvolvimento surge como uma evolução progressiva, dialéctica e complexa de duas entidades ontologicamente distintas: o pensamento e a linguagem. Ambas seguem, no início, percursos totalmente autónomos para mais tarde, a partir de determinada altura do

desenvolvimento, passam a funcionar segundo uma relação de completa simbiose. Essa altura é o momento crucial do desenvolvimento da criança, em que o pensamento se torna verbal e a linguagem racional (Vygotsky, 1979).

Para lá da sua função externa (comunicativa ou interpsicológica), a linguagem passa, então, a desempenhar também uma função interna (reflexiva ou intrapsicológica). Desde o momento em que se assume como função interna, a linguagem começa a servir de suporte ao pensamento verbal, abstracto e reflexivo. Sem ela, o pensamento voltaria à sua forma pré-verbal.

O que sucede com a linguagem ocorre, de um modo geral, com todas as outras funções psicológicas, constituindo o que Vygotsky denominou por lei genética geral do desenvolvimento cultural. Esta posição traduziu-se na aplicação também ao adulto das teses de Vygotsky sobre o desenvolvimento cognitivo.

Conforme afirma Neto (1998), ainda que não exista no campo da educação e da didáctica em ciências um consenso paradigmático, emerge no entanto uma corrente tida como dominante. Essa corrente, como só antes demos a entender, é o construtivismo, ou, melhor dizendo, os construtivismos, variantes que muitas vezes lhe são associadas, entre as quais o construtivismo social ou sociocultural, mais identificado com as ideias de Vygotsky.

A aceitação da importância desta corrente não é de todo pacífica, até pela existência das diversas variantes que a constituem. Este facto tem motivado um saudável debate em torno do construtivismo e sua aplicabilidade na educação em ciências. Apesar da polémica, o construtivismo continua a pautar o discurso educativo, nomeadamente no campo da didáctica das ciências. Na óptica de Bruner (1996), o construtivismo constitui um dos princípios que serão estruturantes do discurso educativo actual, não obstante também ele próprio lhe tenha formulado algumas críticas, concretamente quando é a variante piagetiana que está em causa.

Partindo de uma perspectiva muito próxima de Piaget, Bruner viria mais tarde a comungar das ideias de Vygotsky, pensando um construtivismo que, embora naturalmente preocupado com as características individuais do sujeito que aprende, tem em conta, de forma relevante, a pessoa inserida no seu ambiente social e cultural, situação que determina a sua aprendizagem e o seu desenvolvimento.

É no entanto von Glasersfeld (1988, 1996) que tem o mérito de explicitar os princípios básicos da epistemologia construtivista, já aflorados por autores como Piaget, Ausubel, George Kelly ou Vygotsky e assentes em tradições filosóficas como a de Kant, na qual Piaget se apoiou (Neto, 1998).

Como refere Neto (1998), o desenvolvimento actual das filosofias construtivistas está relacionado com as dúvidas que foram levantadas acerca da possibilidade de acesso ao mundo objectivo tal como é. O construtivismo adopta posições subjectivistas, ficando reservada ao sujeito unicamente a possibilidade de aceder ao mundo tal como ele é percebido, ou seja, o mundo dos fenómenos e das representações subjectivas. Este pressuposto era, de facto, já nuclear na obra de Kant. Uma das teorias centrais do construtivismo assenta no pressuposto de o sujeito ser o principal responsável pelo seu próprio conhecimento, sendo que na filosofia kantiana esta premissa era, de facto, central. Kant vem implementar uma viragem epistemológica fundamental: o cerne de controlo da construção do conhecimento passa do domínio do objecto para a esfera de acção do sujeito.

Os dois grandes princípios formulados por von Glasersfeld como base do construtivismo são os seguintes:

- o sujeito cognoscente não desempenha um papel passivo na construção do conhecimento mas, ao invés, nela participa activamente;
- a cognição assume uma função adaptativa, relativamente à estruturação do conhecimento empírico.

Algumas das implicações pedagógicas e metodológicas mais significativas resultantes desses princípios podem ser assim descritas:

- O conhecimento não pode sofrer uma transferência directa da mente do professor para a mente do aluno, através da comunicação verbal entre ambos; pelo contrário, o conhecimento assimilado pelo aluno resulta de um processo de construção pessoal, no qual a comunicação verbal assume o papel de ferramenta, que auxilia e orienta o referido processo.
- O que se aprende numa determinada situação depende tanto da própria situação em si mesma, como das estruturas de conhecimento que se possuam, das expectativas, atitudes, motivações prévias, bem como das experiências vividas.
- Nessa procura activa de significados, são de relevar não apenas as respostas correctas, mas também as incorrecções e desvios; são estes que permitem ao professor a tomada de conhecimento acerca dos modos próprios que o aluno está a empregar no seu processo de aprendizagem.

As incorrecções e desvios têm uma enorme importância em termos pedagógicos, dadas as significativas ilações que deles se podem retirar. Para um ensino identificado com os princípios construtivistas, as indicações transmitidas através dos erros na aprendizagem são determinantes para a reformulação de estratégias, tendo em vista o objectivo de conseguir aprendizagens de melhor qualidade.

Actualmente, é perfeitamente aceite que o conhecimento, embora seja o resultado de uma construção pessoal, é socialmente mediado e

culturalmente situado (Bruner, 1996; Marton e Booth, 1997; Pozo e Gómez Crespo, 1998; Wenger, 1998; Hedegaard, 2001).

O modelo sociocultural do conhecimento tem em Vygotsky o autor que melhor o representou. Na perspectiva vygotskiana, o modelo de interacção social mais eficaz para a construção de conhecimento é o que permite ao indivíduo resolver tarefas sob a orientação de uma pessoa mais competente. A situação ocorre tal como num ambiente de aprendizagem em que o aprendiz realiza uma tarefa em diálogo e cooperação com alguém mais capacitado. Essa tarefa deve enquadrar-se na denominada zona de desenvolvimento próximo ou potencial. Com efeito, um aspecto significativamente importante da teoria de Vygotsky é a existência de uma área potencial de desenvolvimento cognitivo, caracterizada como a distância que medeia entre o nível actual de desenvolvimento do sujeito, determinado pela sua capacidade actual de resolver problemas individualmente e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob orientação ou em colaboração com indivíduos mais capazes. O sujeito consegue deste modo adquirir determinadas competências cognitivas e metacognitivas (certos processos psicológicos de nível superior) que lhe estariam, de outro modo, vedadas (Vygotsky, 1978; Daniels, 2001). Sobre estes processos de aquisição e em relação às consideráveis lacunas de ordem metacognitiva, detectadas num número elevado de alunos do ensino secundário, são de destacar as palavras de Pintrich (2002):

(...) many teachers assume that some students will be able to acquire metacognitive knowledge on their own (...) Of course, some students do acquire

metacognitive knowledge through experience and with age, but many more students fail to do so. In our work with college students (...) we are continually surprised at the number of students who come to college having very little metacognitive knowledge; knowledge about different strategies, different cognitive tasks, and, particularly, accurate knowledge about themselves. (p.5)

Aos processos acima referidos corresponde, numa ampla escala, aquilo que é hoje denominado por metacognição, ou seja, cognição situada a um nível superior. Poderá ser entendida como conhecimento sobre o conhecimento ao envolver um controlo activo sobre os processos cognitivos utilizados em situações de aprendizagem. Assim sendo, a metacognição assume um papel de relevo no processo de ensino e aprendizagem, como defendem de Jager, Jansen e Reezigt (2005):

Education is no longer expected to focus solely on the transfer of knowledge, but also on the development of metacognition. (p.1)

O conhecimento metacognitivo envolve o conhecimento sobre a cognição em geral, sobre os processos cognitivos de um indivíduo e o que com eles se relaciona, conforme salienta Flavell (1976):

Metacognition refers to one's knowledge concerning one's own cognitive processes or anything related to them, e.g., the learning-relevant properties of information or data. For example, I am engaging in metacognition if I notice that I am having more trouble learning A than B; if it strikes me that I should double check C before accepting it as fact. (p. 232)

Embora existam diferentes definições e modelos de metacognição, devem considerar-se duas importantes áreas: o conhecimento da cognição e os processos que envolvem a monitorização, o controlo e a regulação da

cognição (Flavell, 1979; Bransford, Brown e Cocking, 1999; Pintrich, Wolters e Baxter, 2000).

O conhecimento metacognitivo inclui o conhecimento das estratégias gerais que podem ser usadas na realização de diferentes tarefas, o conhecimento das condições em que essas estratégias podem ser utilizadas, o conhecimento da conseqüente evolução de execução das tarefas e o conhecimento do próprio sujeito (Flavell, 1979; Pintrich, Wolters e Baxter, 2000).

Por sua vez, os processos de controlo metacognitivo e de auto-regulação são processos cognitivos usados por quem aprende para monitorizar, controlar e regular a sua cognição e aprendizagem. Estes processos encontram-se bem representados em tarefas de verificação e planeamento (Pintrich, 2002).

Segundo Flavell (1979), a metacognição inclui conhecimento estratégico, conhecimento de tarefas cognitivas e conhecimento de variáveis pessoais. Se a relacionarmos com a actividade de aprendizagem dos alunos, podemos afirmar que o conhecimento estratégico traduz o conhecimento de estratégias gerais de aprendizagem, pensamento e resolução de problemas. Estas estratégias são de aplicabilidade transversal para a maioria das disciplinas e conteúdos, em contraste com outras mais específicas consoante os domínios onde são aplicadas.

O conhecimento estratégico engloba o conhecimento de várias estratégias que os alunos podem utilizar para memorizar conteúdos, interpretar textos, compreender o que ouvem nas aulas ou o que lêem em livros ou outro material de apoio. Embora exista um considerável número de distintas estratégias de aprendizagem, na opinião de Weinstein e Mayer (1986), estas poderão ser agrupadas segundo três categorias: de repetição, de elaboração e organizacional. A primeira abrange estratégias de repetição de palavras ou termos a serem memorizados, na maior parte dos casos ineficaz na aprendizagem de processos cognitivos mais complexos. As estratégias de elaboração conduzem a um processamento mais profundo dos conteúdos a aprender e resultam numa melhor compreensão e aprendizagem que as estratégias de repetição. Finalmente, as estratégias de ordem organizacional incluem diversas formas de esquematização, elaboração de mapas de conceitos e estruturação de apontamentos, através dos quais os alunos estabelecem conexões entre os diferentes itens. Também estas estratégias permitem a obtenção de melhores resultados que as estratégias de repetição.

O indivíduo acumula também conhecimento sobre as diversas tarefas cognitivas. Este conhecimento traduz-se pelo reconhecimento da maior ou menor dificuldade para a realização de tarefas e das estratégias cognitivas a utilizar em função das diferentes situações. À medida que os alunos desenvolvem o seu conhecimento acerca das diferentes estratégias de aprendizagem e raciocínio e respectiva utilização, este conhecimento reflecte o *que* e o *como* das diversas estratégias. Contudo, este conhecimento revela-se insuficiente. Os alunos devem igualmente

desenvolver algum conhecimento sobre o *quando* e o *porquê* acerca do uso apropriado destas estratégias (Paris, Lipson, e Wixson, 1983). Nem todas as estratégias são apropriadas para todas as situações. O cognoscente deve desenvolver algum conhecimento sobre as diferentes condições e tarefas onde as várias estratégias são usadas de forma mais apropriada.

Juntamente com o conhecimento das diferentes estratégias e das tarefas cognitivas, Flavell (1979) propôs que o auto-conhecimento constituía uma importante componente da metacognição. O auto-conhecimento compreende o conhecimento do indivíduo acerca dos seus pontos fortes e das suas debilidades. Este conhecimento torna-se, como é óbvio, de grande significado, uma vez que a identificação dos pontos fracos permite ao aluno o estabelecimento de estratégias de superação.

Cumulativamente ao auto-conhecimento de um ponto de vista genérico, em termos individuais há que considerar aspectos ligados à motivação. Estes incluem a avaliação que cada um pode realizar sobre a respectiva capacidade para desempenhar certas tarefas e cumprir objectivos definidos, bem como o interesse e a valorização que atribui a essas várias tarefas. Ainda que nos modelos cognitivos sejam frequentemente ignorados estes aspectos de ordem motivacional, existem diversos autores que evidenciam a importância da relação entre a motivação dos alunos e os seus processos de cognição e aprendizagem (Pintrich e Schrauben, 1992; Snow, Corno, e Jackson, 1996; Pintrich e Schunk, 2002). A necessidade que os alunos têm de promover o auto-conhecimento e a auto-avaliação dos seus

conhecimentos e cognição deve encontrar paralelo na necessidade de conhecer e potenciar os seus níveis de motivação e auto-estima.

O conhecimento metacognitivo desempenha um papel importante na aprendizagem do aluno e, conseqüentemente, na maneira como o professor ensina e avalia (Bransford, Brown e Cocking, 1999). O conhecimento metacognitivo de estratégias e tarefas, tal como o auto-conhecimento, está relacionado com o modo como o aluno aprende e actua no espaço lectivo. Os alunos que estiverem familiarizados com os diferentes tipos de estratégias de aprendizagem, de raciocínio e de resolução de problemas estarão mais habilitados a fazer uso delas. O conhecimento metacognitivo das diferentes estratégias permite aos alunos um melhor desempenho e uma aprendizagem mais profunda.

Em complemento, o conhecimento metacognitivo das diferentes estratégias parece estar relacionado com a transferência de aprendizagem, ou seja, com a capacidade de utilizar o conhecimento assimilado numa situação noutra situação distinta (Bransford, Brown e Cocking, 1999). Os alunos são muitas vezes confrontados com novas tarefas que exigem conhecimentos e competências que ainda não possuem. O conhecimento detido sobre estratégias mais gerais de aprendizagem e raciocínio permitem-lhes estar mais preparados para ultrapassarem com sucesso os novos desafios colocados.

Finalmente, no que se relaciona com o auto-conhecimento no processo de aprendizagem, este poderá constituir um importante trunfo ou um factor de constrangimento. Os alunos que tenham a percepção dos seus pontos fortes e fracos poderão ajustar a sua cognição e pensamento para se adaptarem a diversas tarefas, tornando mais fácil o processo de aprendizagem. Os alunos que não possuam conhecimento acerca das suas potencialidades terão menos condições de adaptação a diferentes situações e menor capacidade para auto-regularem a sua aprendizagem.

Existem diversas implicações relacionando conhecimento metacognitivo, aprendizagem, ensino e avaliação. Em termos lectivos, ocorre a necessidade de ensinar de forma explícita o conhecimento metacognitivo. Os professores poderão fazê-lo em algumas aulas, mas em grande parte dos casos o ensino é mais implícito. Embora para os docentes seja possível transmitir o conhecimento a um nível metacognitivo em aulas planificadas unicamente com esse objectivo, revela-se muito mais importante que o conhecimento metacognitivo se encontre disperso entre os conteúdos correspondentes aos diversos temas. Estratégias gerais de raciocínio e resolução de problemas podem ser ensinadas no contexto de diferentes matérias de unidades curriculares ou cursos distintos. No ensino das ciências, por exemplo, os professores podem ensinar métodos científicos e procedimentos gerais, mas a aprendizagem torna-se mais efectiva quando os temas são aplicados a exemplos concretos e não apresentados em abstracto (Pintrich, 2002). Esta preocupação encontra-se reflectida em capítulo seguinte deste relatório, onde se descrevem diversas

situações que traduzem a utilização de ocorrências do quotidiano como exemplificativas de temas em estudo.

A chave da questão poderá passar pelo professor, através da inclusão de objectivos de ensino relacionados com o conhecimento metacognitivo na planificação regular das suas aulas. No decurso do processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos, o professor poderá recorrer a estratégias que evidenciem a presença e a avaliação de conhecimentos metacognitivos e alertar os alunos para tal. Ao estimular com frequência a discussão acerca dos conhecimentos de ordem metacognitiva, o professor conduz os seus alunos a abordar e reflectir sobre a sua própria cognição e aprendizagem. Esta partilha fará com que os alunos se tornem mais atentos aos seus próprios conhecimentos metacognitivos, bem como às estratégias que utilizam para aprender e pensar, comparando-as com as utilizadas pelos colegas e efectuando uma avaliação acerca da utilidade relativa das diversas estratégias. Na aula, por exemplo no decurso da resolução de um problema, o professor poderá tentar explicitar os seus próprios processos cognitivos, à medida que vai avançando de encontro à solução do problema. Deste modo, os alunos terão contacto com um modelo que lhes mostrará como utilizar estratégias na resolução de problemas reais. O professor poderá igualmente discutir com os seus alunos as estratégias utilizadas na resolução de diferentes problemas, evidenciando o quando e o porquê do seu uso em cada caso. Como especialistas neste campo, os professores dispõem de um leque de conhecimentos implícitos acerca de estratégias e de quando e porquê usá-las apropriadamente. Todavia, aos alunos faltam muitas vezes os meios para acederem a este tipo de

conhecimento. Se o conhecimento não for partilhado através da discussão, exemplificação ou indicações explícitas, será difícil que os alunos efectivem realmente a sua aprendizagem (Pintrich, 2002). Importa realmente efectuar a distinção entre conhecimento tácito e conhecimento explícito. O primeiro é de uma natureza muito pessoal, difícil de exprimir por palavras, de cariz essencialmente prático, resultante da acumulação das vivências de cada sujeito. A sua transmissão envolve uma extrema complexidade pois remete para interacções prolongadas, associadas a acertos e erros. Já o conhecimento explícito possibilita uma transmissão mais fácil e mais alargada, dado o facto de poder ser verbalizado através de palavras, números ou fórmulas, assumindo uma forma mais teórica.

Em relação ao conhecimento de natureza metacognitiva, quando o professor o abordar no decorrer das aulas, poderá estimular o diálogo com os alunos acerca da respectiva evolução em termos de cognição e aprendizagem. A partir desta troca de informações o professor terá a possibilidade de se inteirar do nível de conhecimentos metacognitivos dos alunos. Esta avaliação será de toda a utilidade no ajuste de estratégias conducentes a auxiliar os alunos na aquisição de conhecimentos de conteúdos e de conhecimentos metacognitivos. Também a partir destes diálogos, o professor terá a possibilidade de se aperceber do conhecimento metacognitivo individual dos seus alunos. Esta informação de carácter individual pode ser usada para adaptar estratégias específicas, em função das diferenças detectadas na evolução do nível metacognitivo de cada aluno. Poderão ser também usados questionários e entrevistas que formalizem a avaliação do conhecimento metacognitivo dos alunos em

função das respectivas estratégias de aprendizagem, bem como o seu conhecimento acerca das diferentes tarefas e contextos (Baker e Cerro, 2000; Pintrich, Wolters e Baxter, 2000).

Conforme referido anteriormente, uma vertente muito importante do conhecimento metacognitivo é o auto-conhecimento. Os alunos devem ter a oportunidade de avaliar os seus próprios níveis de conhecimento. Embora tal possa ocorrer quando inseridos num grande grupo, como no espaço aula, é importante, por razões de ordem motivacional, que exista a possibilidade de se efectivar uma auto-avaliação de modo mais reservado, nomeadamente através de diálogos em privado com o professor, que possam colocar em evidência os pontos fortes e os pontos fracos de cada aluno e permitir ao professor transmitir a sua própria percepção e dar indicações úteis e particularizadas para cada caso (Pintrich e Schunk, 2002).

2.2. O Ensino de Física – novas estratégias

As dificuldades relacionadas com o ensino da Física não são de modo algum um problema restrito ao nosso país; bem pelo contrário, encontram-se disseminadas, em maior ou menor grau, pelo mundo fora. Esta situação começa a desenhar-se desde os primeiros contactos dos alunos com a Física e prolonga-se até ao ensino superior.

Conforme menciona Silva (1999), vários estudos sobre alunos entre os dezasseis e dezanove anos demonstram que uma grande parte dos estudantes actuais, pelo menos dessas faixas etárias, não aprecia as tradicionais e abstractas disciplinas de Física, mostrando mesmo relutância em relação a elas, considerando a Física difícil, sem relação com outras disciplinas e com reduzida conexão ao dia-a-dia. A análise de Redish e Steinberg (1999) aborda situações que são certamente identificáveis de forma frequente:

Many physics faculty come away from teaching introductory physics deeply dismayed with how little the majority of their students have learned. Even worse, the growing importance of technological literacy in the workplace makes it increasingly important for us to provide value to more of our students. (p.24)

Em relação ao motivo porque existem tantos alunos com dificuldades na aprendizagem da Física (e também da Química), Gouveia (2000) considera que se trata de uma questão de resposta complexa, dado haver inúmeras razões para esta situação. Muitos professores consideram factores de insucesso que lhes são exteriores, como sejam falta de hábitos de trabalho, deficientes conhecimentos de matemática, dificuldades na leitura e compreensão, inexistência de capacidades cognitivas adequadas, outras áreas de interesse exteriores à escola e mais atractivas. Claro que estes factores têm a sua quota-parte de responsabilidade, mas também é verdade que os professores podem igualmente contribuir para este *status quo* ao ignorarem, por exemplo, as ideias prévias dos alunos, ao apresentarem os diversos temas de modo descontextualizado e de forma pouco atractiva, ao privilegiarem a mecanização e o uso de algoritmos, ao não estimularem a

participação dos alunos de modo a evidenciarem capacidades de problematizar, seleccionar, sugerir explicações, elaborar projectos, entre outros. Alguns estudos efectuados noutros países revelam que processos de ensino e de aprendizagem inovadores em Física, conduziram os alunos a melhores resultados (Deb, 2009).

Como referem Branquinho e Sanches (2000), um professor que pretende ser pedagogicamente criativo conceptualiza e transforma a realidade textual que o programa apresenta e, como fulcro da inovação e reforma educativas, actua como agente de mudança, procurando implementar uma actividade reflexiva e crítica sobre as suas práticas, tentando imaginar e implementar novas estratégias que conduzam a um processo de inovação e de aumento dos índices de sucesso.

O recurso a estratégias inovadoras deve ter como vertente significativa a capacidade de envolvência dos alunos. Para tal será primordial que estes se sintam motivados, sendo que a ligação que se possa estabelecer com as respectivas vivências poderá constituir um aspecto fulcral.

Para Cachapuz, Praia e Jorge (2000), uma perspectiva importante do ensino das ciências é, porventura, a que está ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, revelando-se social e culturalmente situada e sendo responsável pela geração de uma maior motivação. Deste modo, e seguindo a linha de pensamento daqueles autores, fará todo o sentido que o ensino de Física, nomeadamente em Engenharia, promova

uma forte ligação à realidade quotidiana e estabeleça uma relação estreita com situações de aplicação a casos concretos do domínio da Engenharia, nomeadamente na resolução de problemas.

Em documento da autoria do National Research Council (1996) podem encontrar-se recomendações que apontam no mesmo sentido, sublinhando a necessidade de serem considerados no ensino das ciências os interesses, as anteriores experiências, os conhecimentos prévios e as capacidades dos estudantes:

In determining the specific science content and activities that make up a curriculum, teachers consider the students who will be learning the science. Whether working with mandated content and activities, selecting from extant activities, or creating original activities, teachers plan to meet the particular interests, knowledge, and skills of their students and build on their questions and ideas. Such decisions rely heavily on a teacher's knowledge of students' cognitive potential, developmental level, physical attributes, affective development, and motivation—and how they learn. Teachers are aware of and understand common naive concepts in science for given grade levels, as well as the cultural and experiential background of students and the effects these have on learning. Teachers also consider their own strengths and interests and take into account available resources in the local environment. (pp.30-31)

Na óptica de Ponte (1995), ainda que se refira à área de Matemática, no que respeita às aulas, os professores descrevem-nas como sendo constituídas por momentos alternados de exposição a cargo do docente e de prática, principalmente a cargo dos alunos. Nesta componente os estudantes dedicam-se à resolução de exercícios de aplicação mais ou menos directa, sem um carácter problemático. A interacção processa-se essencialmente entre professor e aluno, sendo muito reduzida para os alunos entre si.

A descrição mencionada pode perfeitamente ser transposta para a leccionação corrente da Física, em particular a nível do ensino superior, com a agravante de haver uma separação formal entre aulas teóricas e aulas teórico-práticas, com todos os inconvenientes que daí advêm (Duarte, 2006).

A integração entre aulas teóricas e teórico-práticas parece-nos de todo aconselhável, não somente pela dinâmica lectiva que então se pode implementar, mas também pelo facto de se tornarem potencialmente apelativas para os alunos. Entenda-se dinâmica lectiva como o resultado de uma maior interacção entre todos os intervenientes no espaço aula, bem como de uma apresentação dos conteúdos intimamente associada com aplicações de carácter teórico-prático, problemas ligados à vida quotidiana e experiências ilustrativas de execução simples, estratégias interligadas num todo coerente e mais motivador.

Na perspectiva ainda de Ponte (1995) os professores não valorizam, suficientemente, a componente reflexiva da sua actividade e não integram de forma adequada e satisfatória as inovações na sua prática lectiva. Alguns docentes manifestam dificuldades ao nível da prática lectiva em aspectos como a gestão do tempo, a articulação das actividades da aula com as actividades realizadas fora do espaço aula e na orientação do trabalho de grupo. A tomada de decisões em tempo real, no decurso da acção, desempenha um papel essencial na actividade profissional dos professores. Esta tomada de decisões pode apoiar-se no saber académico, mas necessita

do uso de outros recursos. Necessita duma apreensão intuitiva das situações, duma capacidade de articular pensamento e acção, dum sentido de relações inter-pessoais e auto-confiança. Deste modo, e segundo Schön, secundado por Ponte (1995), o núcleo fundamental do conhecimento profissional do professor é constituído pelo conhecimento na acção baseado na experiência e na reflexão sobre a experiência, podendo ser mais ou menos informado pelo saber académico relevante.

Se nos reportarmos de novo ao ensino superior constata-se que, em muitos casos, quase tudo o que foi referenciado acerca da prática lectiva não é tido em conta, nem constitui preocupação que o seja. Lamentavelmente e quando se aborda a questão da interacção professor-aluno, esta é inúmeras vezes diminuta, condicionando todo um trabalho que deveria ser baseado numa relação de muito maior proximidade entre docentes e alunos, requisito tanto mais pertinente, quanto se procura por em prática as orientações emanadas do processo de Bolonha.

2.2.1. Resolução de problemas – actividade fundamental

No estudo da Física, quer no ensino secundário, quer no ensino superior, a resolução de problemas deve ser encarada como uma actividade didáctica fundamental. Quando está nomeadamente em causa o ensino da Física em cursos de Engenharia, os problemas propostos deverão, tanto quanto possível, colocar situações que possuam ligação ao domínio da Engenharia em causa.

Conforme refere Gouveia (2000), uma das principais críticas que é feita ao ensino a todos os níveis é que os alunos não aprendem a raciocinar e a pensar criticamente. A falta de reflexão e a resistência oferecida pelos alunos à mudança conceptual poderão estar na base do insucesso no ensino e aprendizagem das ciências (Georghiades, 2000).

Existe frequentemente, por parte dos alunos, no decurso da resolução de problemas, a preocupação de tentarem comparar o problema que têm entre mãos com outros já resolvidos. Deste modo, tentam encontrar semelhanças que os possam conduzir a um caminho que os leve à solução, numa estratégia totalmente subvertida que tantas vezes lhes causa dissabores.

Outra situação recorrente na actividade de resolução de problemas em sala de aula está relacionada com a pretensão por parte dos alunos de procurarem identificar as fórmulas adequadas para o problema em causa, reduzindo a sua resolução a uma mera substituição de dados em diferentes fórmulas, que miraculosa e necessariamente terão de conduzir a um resultado, muitas vezes calculado, sem ser objecto de qualquer raciocínio crítico, que facilmente desmistificaria a sua validade (Neto, 1998).

Como consequência deste tipo de abordagem, os alunos sentem sérias dificuldades se os enunciados dos problemas contiverem informação em excesso que necessita de triagem ou se, pelo contrário, existem dados em falta, que necessariamente tem de ser suprida que através de uma pesquisa.

A propósito da postura que os alunos assumem acerca da resolução de problemas, é de destacar a análise efectuada por Lopes (1994), que afirma:

Em relação ao processo de resolução dos problemas, os alunos são muito explícitos: “aplicar fórmulas e não pensar noutras maneiras de resolver, às vezes dá certo, outras não” ou “os problemas têm de ser resolvidos através dos dados que nos dão”. Mais em pormenor, os alunos têm a seguinte estratégia de resolução: “primeiro ler, depois registar os dados, pôr algumas fórmulas e resolver e ver se dá algum resultado”. Mas acham que os problemas do dia-a-dia não se resolvem assim. Por exemplo, dizia uma aluna: “o McGyver não pensa com fórmulas”. Voltando ao que se passa na escola, os alunos acham que os problemas de uma mesma matéria são todos resolvidos da mesma maneira. (p.21)

No que tem ainda a ver com a resolução de problemas, torna-se necessário que os estudantes sejam alertados para alguns aspectos de vital importância. Falando em concreto de estudantes de Engenharia, o seu futuro profissional estará intimamente relacionado com a resolução de situações problema, que lhes surgirão frequentemente e para as quais terão de possuir as competências que lhes permitam dar resposta a múltiplas solicitações.

Um dos aspectos fundamentais que se procura desenvolver nos alunos, em particular nos estudantes de Engenharia, é a sua capacidade de aprender a aprender e a saber pensar. Como referem Soares e Pinto (2009), nas diferentes etapas e áreas da formação dos estudantes pretende-se que estes adquiram estratégias e competências que lhes proporcionem por eles mesmos a apreensão de novos conhecimentos e não se revelem como meros depositários de conhecimentos prontos e acabados resultantes da cultura, ciência e sociedade. É necessário fazer com que os alunos se

tornem pessoas capazes de enfrentar situações diferentes, inseridas em contextos diversificados, que lhes proporcionem a aquisição de novos conhecimentos e capacidades, procurando conseguir que venham a estar preparados para se adaptarem às mudanças culturais, tecnológicas e profissionais que o futuro lhes reserva. Estas ideias encontram-se reflectidas na opinião de Demo (1996), quando salienta que:

A sociedade moderna, todavia, exige um cidadão capaz de estar à sua frente, comandando o processo exponencial de inovação, não correndo atrás, como se fora sucata. Enfrentar desafios novos, avaliar os contextos sócio-históricos, filtrar informação, manter-se permanentemente em processo de formação são responsabilidades inalienáveis para quem procura ser sujeito de sua própria história, não massa de manobra para sustentar privilégios alheios. (p.32)

Uma das formas de proporcionar aos alunos que aprendam a aprender é a utilização da resolução de problemas como metodologia de ensino. No entanto e também segundo Soares e Pinto (2009), não é suficiente ensinar a resolver problemas; torna-se igualmente fundamental que se incentive o aluno a propor situações problema, partindo da sua experiência quotidiana e cujo estudo tenha, de facto, interesse. O professor deve incentivar o hábito da colocação de problemas e da procura de soluções como forma de aprendizagem. Para que realmente uma situação se possa considerar um problema, deverá implicar um processo de reflexão, de tomada de decisões quanto ao percurso de resolução e em que não existam automatismos que conduzam directamente à solução (Neto, 1998).

De acordo com Silva (2009), torna-se necessária a distinção entre problema e exercício, sendo que os exercícios servem para consolidar e

automatizar técnicas e procedimentos que serão utilizados na resolução de problemas.

Para Polya (1978), o professor deverá ter em mente, entre outros, dois objectivos fundamentais: orientar os alunos na resolução de alguns problemas que lhes são apresentados e desenvolver nos estudantes, em simultâneo, a capacidade de resolverem problemas por eles próprios. Para este autor podem distinguir-se quatro importantes etapas no decurso da resolução de um problema. Uma primeira fase que se refere à compreensão do problema, em que o aluno se deve interrogar acerca das incógnitas envolvidas e realizar a esquematização do problema. A segunda fase envolve o estabelecimento de um plano de acção que conduza à solução do problema, ao estabelecer ligações entre as variáveis do problema e o objectivo a atingir. A terceira fase diz respeito à execução do plano elaborado, efectuando cálculos, analisando procedimentos adoptados, completando esquemas e equacionando hipóteses alternativas de resolução. A quarta e última etapa corresponde à verificação do resultado obtido.

Perales (2000) afirma que, tal como sucede no dia-a-dia, o aparecimento de um problema desencadeia, em geral, mecanismos cognitivos, afectivos e práticos, tanto individuais como colectivos, que concorrem para que o problema seja resolvido. Os problemas relacionados com o quotidiano podem aproximar a actividade académica da vida real. Entre outros objectivos, a resolução de problemas conduz à aplicação de conceitos estudados nas aulas, constatando os alunos a respectiva utilidade.

O aproximar a vida real da actividade escolar constitui uma acção relevante como diagnóstico do desenvolvimento conceptual, ao evidenciar os contrastes entre os conhecimentos prévios e os recém elaborados, possibilitando a identificação dos erros e dificuldades que afectam os alunos na compreensão do conhecimento científico.

Os novos conhecimentos que vão sendo adquiridos, relacionam-se com os conhecimentos prévios que os alunos possuem. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se incorpora em conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Segundo a perspectiva de Ausubel (2003), uma das condições para ocorrência de aprendizagem significativa pressupõe a modificação e o crescimento do conhecimento prévio, através da aquisição de informação potencialmente determinante e relacionada com a estrutura cognitiva do aluno, de modo não arbitrário e não literal. Ainda para este autor, a resolução de problemas talvez seja a melhor forma de testar se os alunos compreendem verdadeira e significativamente as ideias que conseguem memorizar e verbalizar.

Na resolução de problemas o número de variáveis envolvidas é elevado, pelo que o acto de solucionar o problema não se restringe unicamente ao conhecimento em si. Outros factores inerentes à pessoa que tenta resolver, tais como a criatividade, a intuição, a perspicácia, entre outros, claramente interferem nesta actividade, contribuindo para distinguir os alunos (Friege e Lind, 2006).

A proposta da formulação de uma estratégia geral de resolução de problemas pode na realidade ser discutível. No entanto, se o professor tiver em mente que esta estratégia pode desencadear importantes processos, como os de promover a discussão e desencadear nos alunos o desenvolvimento de estratégias próprias, já a referida proposta pode ser analisada segundo uma perspectiva mais favorável.

Segundo Peduzzi (1997), a implementação da estratégia reúne várias acções enumeradas sem qualquer hierarquia, na abordagem de um problema de física introdutória:

1. Leitura atenta do enunciado do problema, tendo em vista a sua compreensão.
2. Representação da situação problema, através de diagramas ou gráficos para uma melhor visualização.
3. Organização dos dados.
4. Identificação inequívoca das grandezas que se pretendem determinar.
5. Verificação das unidades das diversas grandezas envolvidas.
6. Análise qualitativa do problema, elaborando as hipóteses necessárias.
7. Identificação de leis, princípios adequados e expressões a eles associadas.
8. Definição do sistema de referência a utilizar.

9. Desenvolvimento do processo de resolução do problema.

10. Análise crítica dos resultados obtidos.

Numa análise sumária à estratégia geral proposta e em relação ao primeiro ponto referido, inúmeras vezes os alunos não lêem ou não interpretam convenientemente o enunciado do problema, começando logo aí as suas dificuldades, dado que nesta fase devem iniciar-se as primeiras tentativas de visualização e delineamento do problema. Em algumas circunstâncias e caso o enunciado seja acompanhado por uma imagem ou outra representação gráfica mais elaboradas, esta situação constitui logo motivo para alguma desmotivação. O velho provérbio “*Uma imagem vale mais que mil palavras*” não tem aplicação em determinadas circunstâncias...

Em relação ao segundo ponto referido, o qual sugere ao aluno a elaboração de uma representação externa da situação física em causa, deve salientar-se que a preocupação de fazer desenhos ou diagramas na fase inicial da resolução de problemas é uma atitude mais frequente entre os alunos que evidenciam maior sucesso nesta actividade do que nos outros (Rosa, Moreira e Buchweitz, 1992).

É igualmente importante que os alunos listem os dados, identifiquem quais as grandezas que se pretende determinar, tendo em atenção o sistema

de unidades em que se deve trabalhar e clarificando o sistema de referência a utilizar.

No sexto ponto enumerado faz-se referência a uma análise qualitativa do problema, de modo a procurar perceber o melhor possível a situação em causa, antes de passar a uma fase de quantificação. Diversas considerações sobre os conceitos envolvidos e as condições particulares de cada problema contribuem para que se clarifiquem ideias e se compreenda melhor a situação em causa. Esta discussão qualitativa, a um nível mais aprofundado, é a que se pretende que ocorra em problemas de enunciados abertos ou semi-abertos, nos quais os dados necessários para a resolução do problema não se encontram na sua totalidade no enunciado, ao contrário no que sucede nos problemas de enunciados fechados, mais tradicionais. Também segundo a perspectiva de Gil-Pérez *et al.*(1992):

Os problemas sem dados no enunciado obrigam os alunos a fazer hipóteses, a imaginar quais devem ser os parâmetros pertinentes e de que forma intervêm. São as hipóteses que focalizam e orientam a solução.(p.15)

Ao recorrerem a problemas de enunciados abertos, Gil-Pérez, Martinez-Torregrosa e Senent (1988) propõem uma mudança radical na didáctica habitual da resolução de problemas em física. Além de proporcionarem aos alunos uma resolução necessariamente mais participativa e consciente, estes problemas tornam-se francamente úteis ao familiarizarem os alunos com alguns aspectos da metodologia científica, que aparecem distorcidos nos problemas tradicionais. Nestes últimos, ao se procurar uma conexão entre dados e grandezas a calcular, os estudantes são

conduzidos a considerar a aquisição do conhecimento como resultante de um processo meramente indutivo de inferência a partir de dados conhecidos, usando, em suma, uma visão empirista ingénuo da ciência.

Uma verdadeira resolução de problemas deve possibilitar aos estudantes a formulação de hipóteses e a elaboração de estratégias de resolução, com base nos conhecimentos que integram a respectiva estrutura cognitiva. A solução obtida deve também ser objecto de apreciação, analisada à luz da respectiva viabilidade física face à situação problema proposta.

Os problemas de cariz fechado conduzem os alunos à tentação de memorizar resoluções tipo e à tentativa de efectuarem a sua aplicação nas diferentes situações que lhes são colocadas, desviando-se da natureza investigadora que deve ser apanágio da actividade de resolução de problemas. Em relação à resolução de problemas de Física em Engenharia, Aranzabal *et al.* (2002) referem que:

Generalmente, el profesorado aborda el tratamiento de la resolución de problemas como un asunto particular de cada tema, donde la resolución de los problemas que afectan a un grupo de conceptos relacionados, posee claves específicas que hay que conocer para tener éxito. En este sentido, hablamos de resolución de 'problemas-tipo'. Todavía sin considerar la necesidad de un planteamiento global que permita enfocar las resoluciones, a través de procedimientos comunes a todos los problemas de Física. Dentro de esa estrategia, el papel de los estudiantes queda reducido a un aprendizaje propio de una actividad de 'recepción' (almacenamiento de la información), complementado con la oportunidad de plantear preguntas con respecto a la explicación ordenada del profesor, que es el que resuelve el problema en la pizarra.(p.9)

A metodologia de resolução de problemas abertos ou semi-abertos encontra sustentação do ponto de vista teórico no desenvolvimento de um ensino em consonância com determinados pontos da moderna filosofia da ciência, onde pontificam, entre outras, as perspectivas de Kuhn, Popper, Lakatos e Toulmin. Pretende-se, deste modo, fazer emergir um ensino em que se destaca o papel central da hipótese e do conjunto de pressupostos teóricos do cientista na proposição, delineamento, articulação e selecção de teorias.

Tanto o sexto como o sétimo pontos enumerados deixam evidente que se torna fundamental uma boa base de referência teórica para que a resolução de problemas se desenvolva com sucesso. Lamentavelmente, o que sucede muitas vezes, dir-se-ia, demasiadas vezes, é a tentativa de os alunos em efectuarem a resolução de problemas sem terem devidamente consolidada a necessária estrutura conceptual, nem procurarem utilizar os problemas para, através de uma pesquisa adequada, começarem ou enriquecerem a construção dessa mesma estrutura, situações que não vão de encontro e, segundo Kuhn, ao desejável intercâmbio entre teoria e problemas.

O nono ponto reporta para o desenvolvimento do processo de resolução do problema. Seria desejável que os alunos efectivassem esse procedimento de um modo literal. Conforme refere Peduzzi (2005), a substituição de dados numéricos por dados literais num considerável número de situações problema propostas aos alunos e em exemplos

debatidos no espaço lectivo é condição indispensável para que os estudantes assimilem e ponham em prática uma metodologia mais eficiente e produtiva na abordagem e resolução de problemas. Contudo, não é este, de modo algum, o procedimento habitual. Os alunos procuram utilizar desde o início e sempre que possível os dados numéricos. Com este procedimento e, entre outros aspectos favoráveis, perdem também a possibilidade de comparar a análise qualitativa efectuada com a expressão literal obtida e relacionar entre si as grandezas envolvidas.

Em relação à análise crítica do resultado de um problema trata-se de um ponto importante e imprescindível, que também é muito frequentemente ignorado. É recorrente os alunos apresentar resultados perfeitamente absurdos, por vezes consequência de erros de cálculo, que poderiam ser rectificadas se a referida análise crítica fosse efectuada. A tendência é, no entanto, traduzida pela aceitação pura e simples do valor obtido através da utilização da calculadora, sem quaisquer reticências e sem a aplicação de algum bom senso, ao nível da percepção da viabilidade em termos físicos da solução proposta.

A análise deste ou de outro tipo de estratégias na resolução de problemas é um ponto a favor da evolução dos alunos neste domínio da resolução de problemas em física, dado que ficarão mais atentos a diversos aspectos, que os conduzam a uma maior compreensão do assunto e, possivelmente, ao desenvolvimento de outras metodologias de resolução com as quais mais se identifiquem.

O recurso aos problemas abertos pode ser um ponto forte na mudança de atitude dos alunos, no que à resolução de problemas diz respeito, ao terem de obrigatoriamente abandonar a tentação de mecanização que tão parco sucesso tem originado. Estas considerações não significam que devam ser completamente postos de lado os problemas fechados, os quais desempenham a sua função no processo de aprendizagem dos alunos.

Um tema que assume uma relevância particular quando se aborda o ensino da Física e, em particular, a resolução de problemas em Física, é o do papel da Matemática e da influência dos conhecimentos matemáticos dos alunos no seu desempenho em Física. É vulgar os professores alegarem que os seus alunos não têm sucesso em Física, devido aos reduzidos conhecimentos matemáticos que possuem. Para muitos, uma sólida base matemática é garantia, só por si, de uma boa prestação na aprendizagem de Física (Pietrocola, 2002).

Contrariando esta convicção, alguns autores, como Redish (2004, 2005), Tuminaro e Redish (2007) e Redish e Gupta (2009), defendem a ideia de que a Matemática utilizada na resolução de problemas de Física é semanticamente diferente daquela que é ensinada pelos professores de Matemática. Nesta linha de pensamento, Karam e Pietrocola (2009) afirmam que, além das competências técnicas rotineiramente aprendidas nas disciplinas de Matemática, os alunos precisam de desenvolver competências estruturantes que lhes permitam empregar o conhecimento matemático na resolução de situações físicas.

É inquestionável que a capacidade de saber utilizar muitas das ferramentas matemáticas é necessária para um bom desempenho nas disciplinas do domínio da Física, tal como mencionam Hudson e Liberman (1982). No entanto, esta condição encontra-se longe de ser suficiente, não sendo possível afirmar que os estudantes que as dominam venham a ser bem sucedidos em Física.

Esta situação é muito bem clarificada por Redish (2005), quando defende que utilizar a Matemática no estudo das Ciências, em particular da Física, não é somente trabalhar a Matemática. Segundo este autor, o uso da Matemática em Física está imbuído de um objectivo diferente, dado que se destina a representar sistemas físicos, em lugar de exprimir relações abstractas. Além disso, afirma também que é quase como se a linguagem da Matemática usada na Física fosse diferente da que é ensinada pelos matemáticos.

Em relação a esta questão, Tuminaro (2004) baseia a sua opinião em três argumentos:

The first thing to note is that students use mathematics in physics courses differently than they do in mathematics course. My support for this claim rests on three non-orthogonal dimensions: (1) students have difficulty *mapping* concepts from mathematics courses to concepts in physics, (2) there are *ontological* differences between the mathematics taught in mathematics courses and that used in physics courses, and (3) students *think* there is a difference between the mathematics in math courses and the mathematics in physics courses. (p.25)

Para Pietrocola (2002), dado que se concebe a apreensão do real como resultado de um processo de interacção dialéctica entre o abstracto e o concreto, entre o teórico e o empírico, não há como evitar o tratamento da Matemática como elemento que participa, com a sua especificidade própria, no contexto da construção do conhecimento. Assim, deve entender-se que não se trata apenas de saber Matemática para estudar as teorias físicas que traduzem a realidade, mas conseguir saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática.

Em relação aos programas das unidades curriculares introdutórias de Física no ensino superior, concretamente no que respeita aos cursos de Engenharia, pode constatar-se que uma das áreas habitualmente abordadas é a da Mecânica Newtoniana, conforme mencionado por Amaral (2005) ainda que fazendo particular referência a cursos de Engenharia Civil. São comumente abordados conteúdos básicos de cinemática e dinâmica do ponto material, constituindo conhecimentos fundamentais para unidades curriculares mais especializadas.

É perfeitamente compreensível que ocorra esta inclusão da Mecânica Newtoniana nos programas de Engenharia, face ao tipo de sistemas que usualmente são objecto de estudo nesses domínios e também pelo contributo que pode acrescentar ao estudo de outros assuntos de Física, principalmente dado o formalismo que a ela está associado.

Conforme refere Neto (1998), as potencialidades formativas da Mecânica Newtoniana são consideráveis, ainda que nem sempre devida e oportunamente aproveitadas e geridas. Também Gil Pérez e Carrascosa, no que são secundados por Neto (1998), as consideram como um trajecto importante para iniciar a mudança metodológica que defendem para o ensino das ciências, mudança essa que passa por colocar em causa as denominadas evidências do senso comum, resultado da acção dos nossos sentidos.

Apesar destas virtualidades que se lhe apontam, não deixa de ser a Mecânica Newtoniana um tema considerado complexo de ensinar e aprender, constituindo um ponto em que professores e alunos estão claramente de acordo. Simplesmente, e em relação à dificuldade manifestada pelos alunos, ela é extensível a vários outros temas da Física. Por que é que os alunos exibem tantas dificuldades e tão pouco entusiasmo pela Física?

Como afirma Neto (1998), até porque, há que reconhecer, a Física é, efectivamente, uma disciplina intrinsecamente difícil de ensinar e aprender. Dos aspectos que ajudam a evidenciar essa complexidade, o referido autor destaca os seguintes:

- Uma grande maioria dos alunos denota consideráveis dificuldades na compreensão e aplicação dos conceitos e princípios fundamentais da Física. Para esta situação

contribuem dois factores determinantes: o grau de abstracção e de formalismo lógico associados a esses conceitos e princípios, muitos deles contra-intuitivos e o próprio grau de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Por outro lado há que ter presente o nível avançado de conhecimento atingido pela Física como ciência, o que se traduz em consideráveis clivagens entre a lógica da Física como ciência, a lógica relativa ao processo de ensino do professor e a lógica utilizada pelo aluno no seu processo de aprendizagem. Como referem Neto e Almeida (1990) estas clivagens provocam distorções na forma como a informação é recebida pelo aluno e como ele a vai processar.

- Dada a necessidade óbvia do suporte matemático no qual a Física se apoia, a sua própria complexidade conceptual e estrutural associa-se às dificuldades sentidas pelos alunos no domínio da Matemática.
- Da interacção com o mundo físico que nos rodeia resulta toda uma aprendizagem de conceitos espontâneos e naturais, que vai conduzir à construção de uma realidade específica para cada pessoa. Esta realidade, apoiada em conceitos dissonantes relativamente aos conceitos físicos, irá constituir mais uma dificuldade no efectivo processo de ensino e de aprendizagem da Física. O ensino tradicional da Física tenta conseguir que o aluno abandone essa estrutura conceptual espontânea e natural,

para a substituir pela estrutura conceptual resultante do processo de ensino e aprendizagem. Esta estratégia não tem em conta que o nível de conhecimento espontâneo do aluno, o qual em vez de ser um obstáculo é uma base de partida importante para o seu processo de aprendizagem.

- Uma última causa de dificuldade a destacar está relacionada com as diferenças de linguagem e seus significados. A linguagem científica e técnica é distinta da linguagem do quotidiano. Existem diferentes significados que podem criar confusão na mente dos alunos, os quais têm uma tendência natural para atribuir maior importância aos termos que utilizam diariamente.

As dificuldades antes apresentadas, habituais na aprendizagem da Física, têm natural expressão no caso particular da Mecânica Newtoniana, que constitui a totalidade do programa da unidade curricular de Mecânica I, que faz parte integrante deste estudo.

2.2.2. Trabalho fora do espaço aula – um incentivo à aprendizagem

A implementação de uma estratégia de ensino e aprendizagem que também passe pela solicitação regular da realização de trabalhos de casa a alunos do ensino superior pode, de algum modo, ser uma questão discutível. Não deveriam os alunos possuir a autonomia suficiente para

auto-regular o seu estudo e conduzirem eles próprios o seu trabalho em função das dificuldades que fossem detectando?

Na perspectiva que se coloca à luz de Bolonha, seriam os próprios alunos a solicitar a colaboração do professor, nos espaços de apoio tutorial devidamente definidos no horário semanal ou recorrendo a outros meios como seja o caso do correio electrónico, tendo por objectivo, por exemplo, o esclarecimento de dúvidas.

A realidade revela-se contudo muito diferente da situação idealizada, no que diz respeito a uma parte considerável dos alunos que ingressam pela primeira vez no ensino superior. Indo nesta linha, Gonçalves, Valadas e Vilhena (2002) referem que o ensino superior se caracteriza por uma série de descontinuidades relativamente às experiências educativas que os estudantes tiveram anteriormente, nomeadamente a nível do ensino secundário. Para Araújo, Almeida e Paúl (2003), a transição do ensino secundário para o ensino superior coloca o estudante perante um ambiente de aprendizagem radicalmente diferente, sobretudo no que tem a ver com o tipo de relação pedagógica que se estabelece entre professores e alunos e com as formas de organização do ensino e da avaliação.

Nos dias de hoje, muito devido à adequação dos cursos de ensino superior, como resultado do processo de Bolonha, pode afirmar-se que as diferenças existentes em relação ao ensino secundário se acentuaram, exigindo do aluno um maior esforço de adaptação. Esta preocupação é

igualmente manifestada no estudo efectuado pela Universidade de Lisboa (2010). Cabe agora ao aluno assumir uma cada vez maior autonomia na sua aprendizagem, tornando-se responsável pela construção do seu próprio saber sendo que, para isso, terá de desenvolver um trabalho individual, que lhe permita ser efectivamente o centro do processo de ensino e de aprendizagem. Acontece que não é fácil ocorrer essa mudança de comportamento, em alunos que, no decurso do seu anterior percurso académico de doze anos, para tal nunca foram solicitados.

Além das diferenças referidas que os alunos encontram na transição para o ensino superior, outros factores contribuem para lhes criar dificuldades. Um deles reside no facto de o total de horas lectivas ser agora inferior ao anteriormente existente. Esta situação tem por objectivo permitir que os alunos disponham de mais tempo para garantir uma aprendizagem autónoma e auto-regulada, libertando igualmente espaços de horário agora destinados à orientação tutorial. Como é natural, o perfil dos alunos é muito variado, bem como a respectiva motivação. Tal como referem Monteiro, Vasconcelos e Almeida (2005), existem diversos estudos que apontam para diferenças individuais dos alunos nos seus métodos de estudo de acordo com o seu rendimento académico. Alunos com melhores classificações no ensino secundário apresentam abordagens ao estudo, quando ingressam no ensino superior, mais próximas de um enfoque profundo ou compreensivo de aprendizagem. Ao invés, alunos com classificações inferiores parecem gerir as suas actividades de estudo e aprendizagem seguindo uma lógica de memorização ou de simples registo e fixação de conteúdos. Em termos motivacionais, conforme afirmam Lieury e Fenouillet (1997), a motivação

constitui o conjunto dos mecanismos biológicos e psicológicos que permitem o desencadear da acção, da orientação (na aproximação a um objectivo ou, ao invés, no afastamento desse objectivo), da intensidade e da persistência: quanto mais o indivíduo está motivado maior é a sua actividade, bem como a sua persistência.

É também pertinente sublinhar que se verifica a existência de uma cada vez mais significativa maioria de alunos caracterizada pela ausência de hábitos de trabalho, nomeadamente no que respeita à existência de um estudo planificado e regular, que permita o acompanhamento devido dos vários temas abordados nas horas lectivas, com consequente aprofundamento individual e interacção com os docentes. As conclusões resultantes de um estudo, já anteriormente referido, efectuado pela Universidade de Lisboa (2010) apontam em sentido idêntico ao referido.

Conforme referem Gonçalves, Valadas e Vilhena (2002), em muitas situações os métodos de estudo que os alunos estavam habituados a utilizar no ensino secundário encontram-se desadequados e desajustados, face às novas exigências de aprendizagem do ensino superior. Este facto encontra-se igualmente relacionado com o desfasamento muitas vezes detectado entre os conhecimentos que os estudantes possuem quando ingressam e aqueles que lhes são exigidos no ensino superior.

Outro factor reside na deficiente gestão de tempo por parte dos alunos, face a semestres lectivos que, na realidade, são constituídos por treze

semanas de aulas. Sem uma boa planificação do trabalho a realizar, facilmente os alunos se encontram perante uma situação de difícil recuperação, principalmente quando na ausência de avaliação contínua, apenas com a proximidade do período de exames se dão conta do tempo perdido. Ao invés e como sugerem Rosário, Núñez e Pienda (2006), uma estratégia de sucesso passa por uma correcta definição de objectivos e por uma organização temporal racional:

(...) os alunos proficientes, em primeiro lugar, estabelecem objectivos de longo prazo e fatiam-nos em objectivos de curto prazo que dirigem efectivamente o seu comportamento, mantendo os níveis motivacionais. A segunda diferença está relacionada com a forma como planificam e organizam o seu estudo. Não adiam a realização das tarefas para o último minuto e, atempadamente, alocam tempo suficiente para as diferentes tarefas de estudo: pesquisar, ler, redigir trabalhos, realizar projectos... Assim, têm sempre tempo para trabalhar, mas também para os restantes aspectos da vida. (p. 67)

Deste modo, faz todo o sentido que o processo de avaliação abandone a sua estrutura clássica e seja pensado de forma a estimular uma aprendizagem contínua, diversificando métodos e períodos de avaliação, sem contudo diminuir o grau de exigência, garantia de uma formação adequada a uma inserção de sucesso na vida activa.

Pensando novamente nos estudantes que ingressam no ensino superior, pese embora todo o esforço de integração que possa ser desenvolvido pelos docentes, é natural que nas primeiras semanas ocorra um certo constrangimento por parte dos alunos nos seus contactos com os professores, nomeadamente no que diz respeito ao esclarecimento de dúvidas.

Tal como refere Taveira (2000), o sucesso no ensino superior pode ser concebido como consequência de processos mais amplos de adaptação e de desenvolvimento vocacional dos alunos. Nesta dinâmica que relaciona os estudantes com o novo ambiente intervêm diversos factores. Por um lado, há que ter em conta a exigência colocada pelo ensino superior aos alunos e as capacidades e competências específicas destes, para responderem adequadamente aos desafios colocados, facto que constitui a base fundamental para que possa ocorrer uma inserção construtiva no mundo novo que agora integram. Outro factor, que parece ser determinante, é o dos relacionamentos positivos que os alunos conseguem estabelecer com as pessoas que fazem parte da sua nova comunidade, como é o caso de professores, funcionários e colegas, constituindo uma prova de maturidade pessoal e intelectual, que se reflecte em termos igualmente positivos no trabalho desenvolvido.

Um dado importante, e que necessariamente tem um peso significativo nos processos de ensino e aprendizagem no ensino superior, está relacionado com a preparação pedagógica dos docentes, ou melhor dizendo, na maior parte dos casos com a ausência desta, como já foi afluado anteriormente.

Não é suficiente possuir uma preparação científica de excelência, quando não se está habilitado, ou mesmo interessado, em utilizar materiais adequados, implementar novas estratégias e desenvolver a sensibilidade

necessária para interpretar os sinais muitas vezes evidentes, transmitidos pelos alunos, acerca da evolução do seu processo cognitivo.

Conforme constata Gonçalves, Valadas e Vilhena (2002), na sequência de um estudo que efectuaram na Universidade do Algarve, os estudantes questionados referem algumas razões que justificam a desmotivação para continuar os estudos. As três primeiras foram: o próprio desempenho como alunos (58,8%), o interesse pelas matérias leccionadas (58,1%) e o grau de dificuldade das disciplinas (31,0%). Em quarto lugar surge o desempenho dos professores (30,5%). Embora se destaque o facto de, maioritariamente, as razões apontadas se prenderem claramente com o próprio desempenho e com aspectos de ordem curricular, a associação efectuada entre a falta de motivação e o desempenho dos professores coloca de alguma forma questões relacionadas com a pedagogia no ensino superior e o próprio desempenho profissional dos docentes. As considerações de Bireaud (1995) acerca desta temática merecem uma reflexão atenta:

Nestas condições, convém que os docentes do Ensino Superior, a par das suas funções de investigadores, específicas do seu cargo, adquiram um verdadeiro profissionalismo no ensino. Contrariamente à opinião generalizada, nem uma reconhecida competência num domínio científico determinado nem o facto de se ser senhor de uma aptidão inata chegam para conferir competência pedagógica, mesmo que a certeza de um conhecimento profundo no domínio científico constitua, à partida, um trunfo a ter em conta e mesmo que de igual forma não se possa negar, como observa A.-M. Huberman, que “sem nunca terem tido uma preparação prévia, há pessoas mais capazes do que outras de transmitir conhecimentos teóricos ou de estabelecer uma relação positiva com adolescentes ou com adultos”. (p.175)

Tal como afirma Almeida (2004), a formação de um professor nunca está completa. É determinante que um docente no exercício das suas funções se considere sempre como um eterno aprendiz, que aprenda em cursos de pós-graduação, que aprenda com os colegas e, fundamentalmente, que deva aprender com a necessidade de procurar respostas adequadas às questões colocadas pelos seus alunos.

Existem outros factores que também conduzem a situações de insucesso e por vezes de abandono, como seja o afastamento da família e de outras referências sócio-afectivas, no caso dos estudantes deslocados para fora das suas localidades de origem (Dias e Fontaine, 2001). Assumem, igualmente, cada vez mais vincada importância, as vivências e referências extra-curriculares dos jovens estudantes que, acompanhadas por uma transição de ciclo de estudos, como é o caso do ingresso no ensino superior, podem conduzir a mudanças bruscas comportamentais a nível escolar, contribuindo para situações de insucesso (Abrantes, 2005).

Os níveis de rendimento dos alunos do ensino superior podem ser fomentados através de práticas pedagógicas modernas que adotem modelos de ensino diversificados, conforme refere Ferreira (2009). Estes modelos baseiam-se em metodologias de ensino e aprendizagem centradas necessariamente no aluno e apelam à sua participação activa. A abordagem dos conteúdos é diversificada e procura ser apelativa para os alunos. Estes são estimulados a envolverem-se em trabalhos de grupo e individuais, na pesquisa e utilização crítica de informação para a resolução de problemas,

na participação em sistemas de apoio tutório, utilização de meios informáticos, entre outros.

No que respeita ao vulgarmente designado trabalho de casa, torna-se bastante importante procurar, por um lado, criar hábitos de actividade continuada e, por outro, tentar esclarecer e aprofundar assuntos abordados nos períodos lectivos que aparentemente, possam ter originado dúvidas nos alunos.

Alguns autores como, por exemplo, Bernat (2002) e Kawano (2007) sugerem que os professores devem conceder autonomia aos seus alunos e assumirem uma postura de apoio. Esta situação seria motivadora e estimulante. Pelo contrário, ao procurarem ter uma atitude mais controladora, como sendo o caso de marcarem trabalhos de casa, especialmente para estudantes adultos, essa estratégia traria reflexos negativos.

Opinião contrária manifesta Silva (2007), quando afirma que o trabalho regular do aluno é uma condição essencial da aprendizagem. Um aluno que não seja capaz de por si mesmo resolver problemas significativos ou descobrir as dúvidas que tem não está na realidade a aprender. Apenas se o aluno trabalhar realmente, no espaço lectivo e fora dele, é que se poderá considerar efectivamente no centro da aprendizagem. Este autor considera ainda uma outra importância fulcral no trabalho de casa, ao permitir, de forma mais fácil e focada, que professores e alunos

identifiquem as dificuldades reais persistentes no tema em estudo e, em conjunto, possam cooperar para as ultrapassar, progredindo os alunos na sua aprendizagem e conduzindo a uma verdadeira avaliação contínua, tanto no ensino secundário como no ensino superior.

No que diz respeito ao volume de trabalho e ao tempo despendido na sua realização, Sharp, Keys e Benefield (2001) apontam no sentido de existir uma relação não linear entre tempo utilizado na realização de trabalho de casa e resultados académicos. Alunos que se dedicam pouco e alunos que se dedicam em excesso à realização de trabalhos de casa tendem a obter resultados inferiores aos dos alunos que o fazem de forma moderada. Não existe, por consequência, uma correlação entre tempo dedicado ao trabalho de casa e a obtenção de bons resultados escolares; mais tempo não significa necessariamente melhores classificações.

2.2.3. A importância do trabalho laboratorial/experimental – ontem e hoje

A grande importância da componente laboratorial/experimental na educação em ciências tem sido reconhecida ao longo dos anos pelos vários profissionais ligados à educação.

No entanto, a estas designações de componente laboratorial e componente experimental podem estar associadas concepções distintas, resultantes das diferentes perspectivas com que é encarada a educação em ciências e, conseqüentemente, o seu ensino e aprendizagem (Martins et al.,

2006). Abordar a relevância do trabalho experimental na educação em ciências implica relacioná-lo com os pressupostos pedagógicos e epistemológicos em que se baseia, bem como discutir as questões que têm suscitado. Esta análise deve ser levada a cabo à luz da influência das actuais perspectivas sobre a epistemologia das ciências e teorias da aprendizagem e sua relação com a educação em ciências.

Em termos tradicionais, o ensino das ciências tem dado ênfase à elaboração de um corpo bem definido de conteúdos científicos, considerados como infalíveis e inquestionáveis e relacionados formalmente entre si que, uma vez apresentado, permitiria aos alunos desenvolver uma estrutura conceptual subjacente. O ensino é, nessa perspectiva, baseado numa lógica de transmissão cultural (Pope e Gilbert, 1983), resultando numa abordagem verbal centralizada no professor.

Esta abordagem tradicional da educação em ciências, ainda muito disseminada nos tempos que correm, nos vários níveis de ensino e em particular no ensino superior, baseia-se em pressupostos psico-pedagógicos e epistemológicos particulares.

Em termos psico-pedagógicos, tal perspectiva assenta no pressuposto de que a aprendizagem se efectua através de um processo de aquisição e acumulação de informação, cujo sucesso é normalmente avaliado a partir da capacidade do aluno de ter memorizado e ser capaz de reproduzir os conteúdos transmitidos.

Do ponto de vista epistemológico, a mesma apoia-se na ideia de que o conhecimento é exterior ao indivíduo e que a este, para o captar, basta recorrer aos seus sentidos. Os conhecimentos, sendo supostamente baseados em dados objectivos, são expostos como um conjunto de resultados empíricos que descrevem a realidade. A aquisição de conhecimentos passa, por consequência, pela acumulação de dados sobre a realidade. Neste âmbito cabe ao aluno um papel passivo de depositário de conhecimentos, não lhe sendo reconhecido um desempenho activo na construção do conhecimento.

Esta abordagem da educação em ciências, quer devido aos fundamentos teóricos em que se baseia, quer em termos de eficácia na aprendizagem e formação dos alunos, tem sofrido críticas ao longo dos anos, traduzindo-se, nomeadamente, num significativo movimento de renovação curricular ocorrido nas décadas de sessenta e setenta do século passado, principalmente nos Estados Unidos e em Inglaterra, mas afectando, significativamente, outros países e contextos geográficos e linguísticos.

O referido movimento colocou ênfase nos processos e atitudes científicas, apoiado por ideias conducentes à aprendizagem através da descoberta, a nova proposta para o ensino das ciências sugeria essencialmente a planificação e execução de actividades centradas em torno da descoberta de conceitos e leis, partindo de dados concretos e objectivos, obtidos por aplicação do designado método científico.

Com esta proposta e como acentua Driver (1983), pretendia-se colocar o aluno no papel de investigador, dando-lhe a oportunidade de, supostamente, realizar experiências e testar ideias por si próprio.

O método da descoberta mais não era, em suma, do que uma tentativa de os alunos recorrerem aos processos da ciência de modo a evidenciarem factos e conceitos, a partir dos materiais fornecidos.

Partia-se, afinal, do princípio de que existe um método científico único e padronizado, passível de ser facilmente descrito e ensinado. Um método constituído por uma estrutura em sequência, feita de etapas discretas, concretas e fixas, organizadas segundo uma hierarquia: observação, hipótese, experimentação, resultado, interpretação e conclusão. Seguindo as fases perfeitamente definidas deste processo linear e repetitivo, pretendia-se que os alunos descobrissem, partindo de regularidades observadas, conceitos e teorias científicas que, tal como nos dá a conhecer a história da ciência, os cientistas levaram anos e mesmo séculos a formular (Almeida, 2001).

Desta forma, tentava-se tornar mais aliciante e abrangente o ensino e a aprendizagem das ciências, procurando aumentar o interesse e o sucesso dos alunos, em simultâneo com o objectivo de neles promover o desenvolvimento de capacidades que lhes permitissem a sua aplicação com êxito noutros contextos.

Como referem Santos e Praia (1992), neste quadro conceptual procurava privilegiar-se a acção, o fazer, a construção em detrimento do verbalismo e do dogmatismo, valorizando a percepção face à reflexão, partindo do princípio que os alunos aprendem ao descobrirem por si sós os conteúdos científicos, induzindo-os a partir dos dados de observação.

Este modelo vir-se-ia, porém, a revelar inoperante, no que respeita à aquisição de conhecimentos, à compreensão da natureza da ciência ou à aprendizagem dos próprios processos da ciência. Por um lado, é criticável tentar ensinar os processos da ciência independentemente dos conteúdos, com o argumento de que o seu ensino deve estar ligado a conhecimentos de base e que venham a constituir meios que estimulem a participação activa no processo de aprendizagem. Por outro lado ao descurar a atenção a dar aos conteúdos, o modelo encontrava-se demasiado centrado numa eventual actividade de descoberta dos alunos e num complexo raciocínio indutivo.

Perante o incontornável fracasso deste modelo, diversos investigadores no campo da educação em ciências propuseram uma nova abordagem, esta fundamentada agora num novo quadro de referência baseado na epistemologia contemporânea e na psicologia cognitivista.

De acordo com Gil Pérez (1992), este quadro de referência pode identificar-se com as propostas construtivistas, dado que, conforme refere o autor, estas propostas mostram uma grande capacidade integradora das teses epistemológicas de pensadores contemporâneos como Bachelard,

Kuhn, Lakatos, Popper, às perspectivas construtivistas de aprendizagem avançadas por Kelly, passando pelos trabalhos de Piaget e Vygotsky (Neto, 1998).

Na opinião de Bruner (1961) a ciência deve ser ensinada de modo a que reflecta e ilustre a estrutura conceptual e metodológica da própria ciência. Também Woolnough (1989) evidencia de forma clara a necessidade de uma abordagem holística da ciência, pois, conforme defende, centrar o ensino da ciência nas suas partes não significa que se ensine ciência, já que o todo é mais que a soma das partes e é diferente, presente igualmente no trabalho de Morin (1999). Neste sentido, Woolnough considera que a ciência, tal como o ensino da ciência, deve ser considerada como uma actividade holística de resolução de problemas, onde existe uma interacção permanente entre o conhecer e o fazer.

Também Brook, Driver e Johnston (1989) defendem que a ciência não se limita à descrição de fenómenos, mas também envolve as ideias e os modelos para interpretar e prever esses mesmos fenómenos. Essas ideias e esses modelos, como é natural, vão sendo alterados e vão evoluindo. Também a aprendizagem da ciência deve abranger estas duas componentes da ciência: as interpretações dos fenómenos e os processos segundo os quais essas interpretações se vão alterando.

Tendo em linha de conta a perspectiva construtivista da aprendizagem, esta reconhece que a evolução do conhecimento do indivíduo, assim como

do conhecimento científico, ocorre através de processos de transformação e reconstrução dos dados em função do sistema cognitivo de cada um, dotado de características específicas e regidos por condições de motivação, de atitude e de compreensão distintas (Ruiz, 1991). O processo de construção do conhecimento envolve o indivíduo na sua totalidade, reunindo elementos cognitivos e aspectos de carácter afectivo e moral, tudo isso no contexto sociocultural em que o indivíduo se encontra.

Nesta perspectiva, o aluno é tido como o principal responsável pela sua própria aprendizagem. Mais do que um receptor ou um processador passivo de informação, a perspectiva construtivista considera o aluno envolvido activamente na construção do seu conhecimento, confrontando o seu conhecimento anterior com novas situações e, quando for caso disso, reconstruindo as suas estruturas de conhecimento. A aprendizagem pressupõe, deste modo, uma articulação feita pelo aluno entre o que já conhece e os novos conhecimentos, mobilizando para isso as suas próprias estratégias de aprendizagem.

A aprendizagem da ciência é caracterizada, na perspectiva construtivista, pela interacção dinâmica em situações de aprendizagem que permita aos alunos a construção e reconstrução contínua e progressiva da sua estrutura cognitiva. A aprendizagem da ciência não pode, nesse sentido, ser encarada nem como uma aprendizagem exclusiva de conteúdos nem, tão pouco, como uma aprendizagem exclusiva de processos.

O ensino das ciências, até pela sua própria natureza, ficaria, desse modo, significativamente condicionado se não fosse atribuído à componente laboratorial a importância que lhe é devida. Infelizmente, em muitas situações, ao longo do percurso académico dos alunos, esta vertente é relativizada: em alguns casos, não é pura e simplesmente considerada no processo de ensino e aprendizagem, noutras é abordada de um modo ineficaz e com resultados pouco satisfatórios. Alguns estudos realizados em Portugal, tendo por objectivo a caracterização do ensino experimental das ciências, evidenciam esta situação (Cachapuz, 1989; Valente et al. 1989; Miguéns, 1991; Almeida, 1995). Sublinham os autores a diminuta utilização do trabalho experimental nas aulas de ciências e a predominância de demonstrações e verificações práticas. Deste modo, o recurso a este tipo de actividades, juntamente com as denominadas actividades de descoberta, vai de encontro a uma indesejável abordagem da educação em ciências em torno dos conteúdos ou dos processos da ciência.

As demonstrações ou verificações práticas são actividades de carácter laboratorial que se limitam a confirmar conteúdos de ordem teórica previamente abordados. São, por consequência, actividades que complementam a informação transmitida pelo professor, ao terem por objectivo ilustrar, verificar ou demonstrar os conteúdos científicos transmitidos, em consonância com a denominada transmissão cultural, suporte substantivo da abordagem tradicional da educação em ciências.

Nas verificações práticas, o professor já tem à partida definido os resultados a obter, com recurso à elaboração prévia de um protocolo experimental devidamente estruturado, que os alunos se limitam a seguir. Cabe ao docente toda a planificação do trabalho e controlo de todas as suas fases. Os alunos realizam, na maior parte dos casos em grupo, a execução laboratorial da experiência e recolhem os dados já previstos.

Nas demonstrações práticas, a execução está a cargo do professor, também ele responsável pela sua estruturação. O professor tem o papel de conceber, realizar e explorar a actividade. Cabe aos alunos observarem a experiência realizada pelo professor, que descreve o que vai sendo observado, colocando questões às quais os alunos tentam responder.

Em resumo, pode afirmar-se que as actividades acima referidas - demonstrações, verificações e actividades ligadas à descoberta -, embora tendo objectivos distintos, possuem características comuns. O papel desempenhado pelos alunos surge significativamente condicionado pela própria natureza das actividades, uma vez que, ao serem normalmente actividades fechadas, destinadas à obtenção de determinado resultado, os alunos limitam-se a seguir as instruções fornecidas pelo professor. São, por consequência, actividades que, na maioria dos casos, se traduzem na execução de receitas, do tipo “receitas de culinária”, onde se encontra ausente a verbalização e discussão de ideias, a colocação de hipóteses, a reflexão e avaliação crítica do trabalho desenvolvido, bem como a resolução de problemas abertos (Almeida, 2001).

São várias as questões de carácter epistemológico e pedagógico que estas concepções e práticas de trabalho laboratorial levantam. De entre elas podem destacar-se, como criticáveis, o papel principal atribuído à observação experimental no processo do conhecimento e a ideia que existe um método científico universal, com características perfeitamente definidas, cuja aplicação rotineira permite desvendar os fenómenos da natureza.

Na opinião de Hodson (1985, 1993) e de Lunetta (1990), estas práticas são contestáveis dado que transmitem aos alunos uma visão errada sobre a investigação em ciência. Veiculam ideias incorrectas sobre as relações entre observação, teoria e experimentação, de tal modo que, aparentemente, a formulação de teorias científicas surgiria simplesmente a partir da observação de regularidades na natureza, validadas por uma recolha sistemática de dados experimentais. O conhecimento científico seria então não-problemático e traduziria a realidade tal como ela é.

Segundo Almeida (1995), estas práticas não deixam lugar ao aparecimento de atitudes que estimulem a dúvida, de hesitações, do debate de ideias, da pesquisa dos limites de aplicação de um determinado conhecimento científico, ou seja, de tudo o que leva a concluir que realmente o conhecimento científico não é definitivamente adquirido, não é absoluto, nem universal, mas resulta, pelo contrário, de uma construção complexa e muitas vezes contraditória.

Esta abordagem cria a ilusão de que, a partir da experimentação e da observação, só por si, o aluno consegue atingir um conhecimento bem estruturado sobre os fenómenos. Deixa também a ideia de que apenas se torna possível a aprendizagem destes processos associados aos conteúdos e contextos, ocorrendo paralelamente ao desenvolvimento conceptual dos alunos. Por este motivo recomenda-se que os trabalhos laboratoriais sejam estruturados e interpretados no quadro de uma determinada matriz teórica que condiciona todos os processos envolvidos na experimentação.

Igualmente em termos pedagógicos se formulam críticas e se põem a descoberto diversas fragilidades que envolvem esta abordagem. Como afirmam Brook, Driver e Johnston (1989) ainda que os alunos consigam realizar observações adequadas e que possam evidenciar determinada justificação científica, tal facto de modo algum assegura que os mesmos sejam capazes de formular essa justificação, efectuando a interpretação pretendida.

A interpretação assim como as observações são condicionadas pelos conhecimentos prévios dos alunos. Ignorando este facto, corre-se o sério risco de, ao pretender-se que os alunos atinjam uma determinada interpretação, rejeitar outras que possam ser formuladas, transmitindo aos alunos a sensação de que terão de efectuar tentativas de adivinhação para tentarem perceber qual a ideia que o professor tem em mente, admitindo essa explicação como a única correcta.

Outra crítica habitualmente associada às actividades de verificação experimental resulta do facto de existir falta de contexto na sua implementação, ou seja, de bastas vezes não serem clarificados os objectivos das experiências, os procedimentos a utilizar e o modo como se articulam, deixando os alunos sem perceber por que estão a realizar determinada experiência e o motivo pelo qual a efectuam (Cachapuz, 1989).

Fruto destas e de outras críticas, resultantes da investigação neste domínio, em que se constata que neste tipo de actividades os alunos passam grande parte do tempo a seguir receitas, sem terem sequer a preocupação de previamente prepararem o trabalho e, muitas vezes, sem, tão pouco, perceberem o que estão a fazer, resulta que estas actividades são, na maioria das vezes destituídas de qualquer vantagem em termos da educação em ciência. Como acentua Hodson (1993, 1996) estas actividades são, frequentemente, improdutivas ou mesmo contra-produtivas, quer ao nível do desenvolvimento do interesse e motivação dos alunos pelo estudo das ciências, quer ao nível da própria aprendizagem da ciência, acerca da ciência e do fazer ciência – objectivos de ensino usualmente atribuídos ao trabalho experimental.

As debilidades e críticas associadas às concepções e práticas habituais relacionadas com o trabalho laboratorial, sugerem a necessidade do surgimento de uma outra visão acerca de trabalho experimental baseada no entendimento epistemológico do conhecimento e da aprendizagem, tendo

em conta as características específicas de cada indivíduo, numa perspectiva construtivista.

A extrema importância do reposicionamento do papel do trabalho laboratorial face ao ensino e aprendizagem das ciências é largamente reconhecida. É de particular relevância o recurso à utilização dos métodos e processos da ciência na concepção de experiências de aprendizagem, com uma particular relevância nas actividades de trabalho experimental (Almeida, 2001).

Na sequência dos aspectos analisados anteriormente, acerca das abordagens utilizadas mais frequentemente na implementação do trabalho experimental e conseqüentes críticas apresentadas Almeida (2001) destaca alguns princípios epistemológicos, de que se destacam os seguintes:

- As observações científicas, à semelhança de todos os outros processos científicos, desenrolam-se num contexto de natureza conceptual. Este contexto influencia marcadamente o trabalho de natureza experimental, desde a escolha da experiência em si, passando pela selecção de equipamento, realização experimental, observação e elaboração de hipóteses, até à formulação de conclusões. O conhecimento conceptual orienta os processos científicos e não apenas o resultado da sua utilização.

- O processo de conhecimento desenvolve-se a partir da colocação de problemas e da respectiva resolução e não apenas indutivamente em função de dados obtidos a partir da experimentação e da observação.
- Existem diversas metodologias que dependem do problema em estudo e dos contextos de investigação e não um método científico único e universal, que permita aceder ao conhecimento da realidade.
- Ocorre uma implicação inevitável do investigador e seus pares no processo de produção do conhecimento.

Esta intervenção do sujeito no processo de construção do seu conhecimento é considerada como fundamental pelas teorias construtivistas da aprendizagem, que a entendem como um processo pessoal e social da construção do conhecimento.

Deste modo, ao pensar-se no trabalho experimental como uma importante experiência de aprendizagem, podem destacar-se algumas vertentes de reconceptualização do mesmo:

- Sublinhar-se a importância de uma teorização prévia e a exploração das ideias existentes como alicerces fundamentais do

trabalho experimental, no que respeita à sua concepção, execução e exploração. Assim sendo, evidencia-se que o trabalho experimental não se limita à execução e observação, antes pressupõe a abordagem teórica, a discussão de ideias na elaboração de um quadro teórico de referência, que estará na base da concepção do plano experimental.

- Deixa de fazer sentido idealizar o trabalho experimental em função da utilização de um conjunto de procedimentos e regras previamente definidos, como se existisse um método científico único, inequivocamente caracterizado. Deve, assim, deixar-se em aberto a possibilidade de seleccionar os métodos e processos julgados mais adequados face aos objectivos a atingir, aos conteúdos científicos envolvidos e ao contexto em que ocorre a aprendizagem.
- Dado que se reconhece a aprendizagem como um processo ao mesmo tempo social e pessoal, tratando-se o trabalho experimental de uma situação de aprendizagem, essa componente social e pessoal deve estar presente. Nessa perspectiva, é importante, em termos pessoais, que ocorra o envolvimento afectivo dos alunos em todas as etapas de desenvolvimento da actividade experimental, criando-se a possibilidade de os mesmos poderem fazer apelo aos seus interesses, aos seus saberes e experiências anteriores, bem como

às suas próprias estratégias de aprendizagem. Ao nível da componente social do trabalho experimental, é relevante que este possa ser idealizado como uma actividade a ser centrada e desenvolvida em grupos de trabalho. Nesse sentido, assume igualmente uma importância significativa a discussão dentro dos próprios grupos acerca da concepção e desenvolvimento da actividade experimental. Na perspectiva de Solomon (1991), entre as várias funções que a discussão pode desempenhar é de destacar: a negociação sobre o que fazer, desde a selecção de materiais à planificação do trabalho experimental, a definição pelo grupo de quais são os resultados experimentais desejados e os registos que é necessário efectuar, bem como o estímulo mútuo para a prossecução da actividade. Acrescente-se também a discussão pós-laboratorial aquando da elaboração do relatório correspondente à actividade remete os alunos para a reflexão das ideias e processos.

- Uma vez que se pensa que o trabalho experimental deve espelhar as características do trabalho científico e sendo a actividade científica uma actividade que envolve a resolução de problemas, é perfeitamente aceitável que se considere o trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas.

O trabalho experimental pode, em suma, desempenhar um papel importante na educação em ciências, quer através do desenvolvimento de

capacidades de resolução de problemas e de investigação, quer como uma estratégia de ensino e aprendizagem, traduzindo experimentalmente conceitos teóricos, aprofundando o conhecimento sobre os processos científicos e desenvolvendo capacidades de ordem cognitiva, afectiva e social.

2.2.4. As tecnologias de informação e comunicação – a sala de aula aberta ao mundo

O contributo das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, interactivos e com uma maior capacidade de envolvimento dos alunos é, sem dúvida, substancial. A importância destas tecnologias e as situações em que podem ser utilizadas, tendo em vista a promoção da qualidade e a melhoria do desempenho de todos os intervenientes no espaço lectivo são reconhecidas e têm vindo, no decurso dos últimos anos, a adquirir cada vez maior dimensão, resultado da maior versatilidade de meios disponíveis.

Esta perspectiva de melhoria do aproveitamento dos alunos já havia, aliás, sido posta em evidência por Skinner (1954, 1958) quando afirmou que as novas tecnologias poderiam tornar a aprendizagem mais eficiente nas escolas.

Conforme mencionam Ponte e Oliveira (2000), durante algum tempo as novas tecnologias, muito especialmente a Internet, foram encaradas

como concorrentes desleais da escola. Hoje em dia, são, cada vez mais, seus aliados preciosos. A variedade de recursos por elas disponibilizados pode ser aproveitada pelos professores de múltiplas formas, não esquecendo que aqueles que mais beneficiarão com isso são os alunos, que já as utilizam com o maior entusiasmo.

Quando os alunos ingressam no ensino superior, já demonstram um razoável conhecimento das TIC. Para esta situação contribui, decisivamente, o natural interesse que estas matérias despertam nos alunos, o que se traduz num manifesto à vontade com que a maior parte deles trabalha nesta área. Existe, de facto, um cada vez maior reconhecimento de que os alunos possuem competências neste domínio, desenvolvidas noutra contexto, que aplicam no estudo e compreensão das ciências. Esta situação facilita de algum modo o papel do professor que entenda investir neste domínio, tendo em vista a utilização de determinadas estratégias nos processos de ensino e aprendizagem.

A educação em ciências adoptou com certa rapidez a tecnologia, não apenas a relativa às próprias ciências, mas igualmente como ferramenta destinada ao ensino e aprendizagem. Os professores vislumbraram de uma forma rápida as potencialidades que advinham da utilização dos computadores na sala de aula e a educação em ciências, também numa perspectiva construtivista explorou a sua eficácia (Slykhuis, 2004).

De acordo com Denby e Campbell (2005), as melhorias implementadas nas infra-estruturas TIC nas escolas e a evolução verificada na aquisição de competências neste domínio, por parte de alunos e professores, traduzem-se num importante contributo para o progresso da utilização destas ferramentas no ensino das ciências.

Existem evidências que permitem afirmar que a motivação dos alunos é superior quando a sua aprendizagem é apoiada pelas TIC. Conforme se pode constatar, por exemplo, a partir do estudo realizado por Paiva (2003), no universo de alunos do ensino básico e secundário português, uma considerável maioria dos alunos inquiridos (92%) afirmou gostar muito de trabalhar com o computador, uma percentagem ainda superior (94%) pensava ser a Internet de grande utilidade, pela informação disponível para complementar as matérias leccionadas nas aulas, embora uma percentagem bastante inferior (50%) gostasse de poder enviar mensagens electrónicas aos professores, para lhes mandar os trabalhos de casa, conversar, entre outros.

Também Harrison *et al.* (2002), no estudo que conduziram sobre o impacto da utilização das TIC na educação, puseram em evidência ganhos significativos em alunos dos 7 aos 16 anos de idade, nomeadamente na área das ciências, entre outras.

Segundo afirmam Osborne e Hennessy (2003), é possível observar nos alunos índices de motivação mais elevados, relativamente à sua

participação activa nos processos de ensino e de aprendizagem na área das ciências, quando têm a oportunidade de utilizar ferramentas informáticas com as quais podem interagir, nomeadamente no que diz respeito à modelização e simulação, dado que lhes proporcionam um maior envolvimento e lhes permitem um maior controlo sobre a sua própria aprendizagem. O uso das TIC aumenta o interesse pela componente experimental devido às potencialidades que oferece no que respeita à aquisição e tratamento de dados.

Ainda acerca da utilização das TIC no ensino das ciências, Newton e Rogers (2001) enumeram um conjunto de dados de relevo, de que se destacam os seguintes:

- as TIC dão um contributo positivo para o ensino e a aprendizagem em espaço lectivo;
- da parte dos alunos é possível constatar uma maior envolvimento nas actividades, denotando estes um interesse mais evidente e uma capacidade de concentração mais dilatada no tempo;
- com o recurso às TIC fica disponível todo um vasto e diferenciado leque de meios de qualidade e de relevância para o ensino e a aprendizagem em ciências, nomeadamente no que tem a ver com o visionamento e a manipulação de modelos e

simulações, muitas vezes dotados de características gráficas evoluídas que potenciam a compreensão dos conceitos;

- as possibilidades que as TIC colocam ao dispor de professores e alunos permitem variar a forma como os materiais são utilizados, sendo viável recorrer a estratégias que permitem inclusivamente, um ensino de carácter individualizado, como, por exemplo, a adaptação de materiais por forma a responder a necessidades individuais ou o facto de, mesmo fora do espaço aula, os alunos poderem contactar o professor por correio electrónico e colocar questões ou entregar trabalhos realizados;
- existe todo um manancial de informação disponível na Internet, que possibilita uma pesquisa actualizada sobre os temas abordados nas aulas e que igualmente constitui uma fonte preciosa de procura de dados para a resolução de problemas ou a preparação de trabalhos de carácter experimental;
- a utilização de programas de tratamento de dados e de outros programas possibilita aos alunos a realização de tarefas em tempos mais reduzidos, aumentando a sua disponibilidade para outro tipo de trabalho;

- as TIC permitem aos professores e alunos potenciarem as suas capacidades criativas, ao possibilitarem a introdução nos processos de ensino e de aprendizagem de toda uma gama inovadora de materiais e estratégias.

Pontes (2005) refere, por seu lado, que a utilização das TIC exerce uma cada vez maior influência na educação científica, quer ao nível do ensino secundário, quer ao nível do ensino superior, não apenas no que diz respeito a uma melhoria da aprendizagem dos alunos, mas também no papel crescente que essas tecnologias desempenham na formação e actualização dos professores.

O uso educativo das TIC fomenta o desenvolvimento de atitudes favoráveis à aprendizagem da ciência e da tecnologia. A utilização de programas interactivos e a pesquisa de informação na Internet auxilia o desenvolvimento da actividade dos alunos no processo educativo, promovendo o intercâmbio de ideias, a motivação e o interesse dos alunos pela aprendizagem das ciências.

Apesar disso, Pulist (2001) alerta para o facto de existir uma abundância de informação na Internet, assaz desorganizada, pelo que o utilizador pode facilmente dispersar-se nas suas pesquisas, caso não seja devidamente orientado. Relacionada com a quantidade de informação disponível e em permanente actualização, é de destacar a opinião de Adell (1997) acerca dos comportamentos que, por tal motivo, deverão ser assumidos por professores e alunos:

Los nuevos entornos de enseñanza/aprendizaje exigen nuevos roles en profesores y estudiantes. La perspectiva tradicional en educación superior, por ejemplo, del profesor como única fuente de información y sabiduría y de los estudiantes como receptores pasivos debe dar paso a papeles bastante diferentes. La información y el conocimiento que se puede conseguir en las redes informáticas en la actualidad es ingente. Cualquier estudiante universitario, utilizando la Internet, puede conseguir información de la que su profesor tardará meses en disponer por los canales tradicionales. La misión del profesor en entornos ricos en información es la de facilitador, la de guía y consejero sobre fuentes apropiadas de información, la de creador de hábitos y destrezas en la búsqueda, selección y tratamiento de la información. En estos entornos, la experiencia, la meta-información, los "trucos del oficio", etc. son más importantes que la propia información, accesible por otros medios más eficientes. Los estudiantes, por su parte, deben adoptar un papel mucho más importante en su formación, no sólo como meros receptores pasivos de lo generado por el profesor, sino como agentes activos en la búsqueda, selección, procesamiento y asimilación de la información. (p.19)

Ainda na óptica de Pontes (2005), podem classificar-se as funções formativas das TIC em três categorias relacionadas com o desenvolvimento de objetivos conceptuais, procedimentais e atitudinais, tal como se encontra sintetizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Funções formativas das TIC

Objectivos educativos	Funções a desenvolver
Conceptuais	Facilitar o acesso à informação Favorecer a aprendizagem de conceitos
Procedimentais	Aprender procedimentos científicos Desenvolver destrezas intelectuais
Atitudinais	Motivação e desenvolvimento de atitudes favoráveis à aprendizagem da ciência

Entre os objectivos de carácter conceptual, relacionados com a aquisição de conhecimentos, há que destacar a função das TIC em facilitar o acesso à informação e a sua influência na aprendizagem dos conceitos científicos. Os recursos multimédia desempenham importantes funções informativas e contribuem para melhorar a aquisição de conhecimentos do tipo conceptual, dado que, entre outros aspectos, possibilitam o acesso a conteúdos educativos sobre qualquer tema e apresentados de diversas formas: textos, imagens, sons, vídeos, simulações e outros.

Relativamente aos objectivos de carácter procedimental que podem ser desenvolvidos com o auxílio das TIC, há que salientar a aprendizagem de procedimentos científicos e o desenvolvimento de capacidades intelectuais de carácter mais geral. Mais em concreto, podem referir-se a construção e interpretação de gráficos, a elaboração e comprovação de hipóteses e a resolução de problemas assistida por computador. Também são de destacar a manipulação de sistemas informáticos de aquisição de dados experimentais e a planificação e ensaio de trabalhos práticos com recurso a programas de simulação de procedimentos experimentais (Azad e Song, 2006). A utilização da Internet estimula igualmente o desenvolvimento de capacidades intelectuais como as relacionadas com a pesquisa, auto-aprendizagem ou familiarização com o uso das TIC. Castro, Tavares e Afonso (2005) destacam a importância da Internet como complemento ou mesmo como substituinte de métodos de ensino e aprendizagem mais tradicionais:

Internet is a powerful tool and an excellent alternative to complement or even substitute the traditional teaching and learning methods. However, there is

the need to know how to prepare the students to develop the necessary techniques to take advantage of all the resources offered by Internet.

There is no doubt that there is a lot of knowledge and information in the Internet, but a good planning and structuring, is mandatory to make the Internet a privileged channel of communication and teaching. (p.4)

Por último, e partilhando a opinião de outros autores já citados, Pontes defende que, em termos atitudinais, as TIC estimulam o desenvolvimento de comportamentos favoráveis e da motivação para a aprendizagem da ciência, através de programas interactivos e do próprio recurso à Internet, entre outros.

Uma outra função educativa das TIC está relacionada com a formação dos professores. Segundo Kimmel, Kerr e O'Shea (1988), o uso das TIC favorece a familiarização dos professores com estas ferramentas e melhora os seus recursos didácticos. Possibilita também o desenvolvimento de capacidades como as relacionadas com o trabalho em grupo e a formulação e debate de hipóteses, através da utilização de programas de simulação (Baird e Koballa, 1988). Na opinião de Greenberg et al. (1988), ajuda a melhorar a formação científica e a formar uma imagem mais adequada da ciência.

Deste modo, e sistematizando as ideias antes apresentadas pode considerar-se que a adequada formação dos professores no uso das TIC permite melhorar as seguintes vertentes:

- *Formação tecnológica* – relacionada com a utilização de programas informáticos de carácter geral (processadores de texto, folhas de cálculo, apresentações, bases de dados, etc.), com a pesquisa de informação na Internet e com o recurso a *software* específico destinado ao ensino dos temas em causa.
- *Formação científica* – ligada à possibilidade de alargar ou actualizar os conhecimentos científicos, a partir da pesquisa de informação sobre qualquer dos temas envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem, a manipulação de programas de simulação ou de resolução de problemas úteis para a actividade docente.
- *Formação pedagógica* – ponto que pode ser melhorado a partir da planificação e ensaio de estratégias que recorram às TIC na prática docente, como instrumentos que podem estimular a aprendizagem activa e a reflexão dos alunos.

A Eurydice – rede de informação sobre a educação na Europa -, criada por iniciativa da Comissão Europeia, no seu relatório sobre os indicadores básicos que descrevem a incorporação das TIC nos sistemas educativos dos diversos países europeus (Pépin, 2001), sublinha a importância das TIC no desempenho dos professores e refere que, em muitos casos, os docentes adquiriram formação neste domínio por iniciativa própria, por interesse pessoal e na tentativa de corresponderem às

necessidades resultantes da prática lectiva. Não existe em todos os países uma planificação geral sobre o modo como conferir competências aos professores, relacionadas com a utilização das TIC nos processos de ensino e aprendizagem.

Como refere Fösel (2006) no que tem a ver com projectos de formação de docentes acerca do seu desempenho relacionado com as TIC, é de realçar, a nível do ensino superior e no domínio do ensino da Física, o trabalho desenvolvido nas Universidades de Augsburg e de Erlangen-Nuremberg, na Alemanha, que, em conjunto, desenvolveram e implementaram o curso *Multimédia no Ensino da Física*, destinado a docentes em formação ou professores no activo, tendo em vista a aquisição de conhecimentos e competências relacionados com métodos inovadores de ensino, recorrendo às TIC

No que diz respeito, em particular, ao ensino e à aprendizagem da Física, Teodoro (2005) destaca o papel importante dos computadores considerando fundamental que os estudantes cedo se familiarizem com a sua utilização, principalmente como instrumentos de aprendizagem e ferramentas de apoio ao raciocínio. Tal como já referido para as ciências em geral, o ensino e aprendizagem da Física pode ser significativamente melhorado com o recurso aos meios disponibilizados pelas TIC. As novas concepções que estas trazem para o processo de ensino e aprendizagem conduzem ao estabelecimento de novas estratégias e novos comportamentos para professores e alunos. O processo de ensino e

aprendizagem deve estar focalizado no aluno, sendo que este se transforma num elemento que participa activamente na construção do seu próprio conhecimento, assumindo o professor o papel de orientador e suporte desse processo, modificando necessariamente a sua forma de interagir com os alunos e a maneira como efectua a planificação das suas aulas (Aedo, Garcia e Ramos, 2006).

Estas novas ferramentas ao serviço da construção do conhecimento dos alunos podem ser usadas de formas diversas, conforme as estratégias que o professor pretender implementar, de modo a potenciar a respectiva utilidade face à maneira como os estudantes aprendem. A necessidade de compreender o modo como os alunos aprendem, por forma a otimizar o uso do computador, é também destacada por McDermott (1991):

(...) experience has shown that many computer programs are not well matched to the needs or abilities of students. To be able to realize the full potential of the new technology, we must understand both how students learn physics and how the computer can best be used as an aid in the process. There is a need for research to help insure that computer-based instructional materials will become a useful resource for the teaching of physics. (p. 304)

Pensando em concreto, no ensino de Física em Engenharia e na possibilidade de efectuar apresentações multimédia, um vasto leque de possibilidades se coloca. Podem referir-se, entre outras, a elaboração de apresentações com animações, filmes vídeo e simulações, sempre que possível ilustrando situações relacionadas com o domínio em causa.

No que diz respeito às simulações e tal como acentuam Good e Berger (2000), à medida que o *software* e o *hardware* se vêm tornando mais sofisticados aquelas apresentam-se mais realistas, possuindo muito mais opções para o utilizador poder controlar a evolução do fenómeno ilustrado. Faz assim todo o sentido esperar que simulações bem esquematizadas e evoluídas se tornem num importante modo de ensinar ciência, constituindo uma importante ferramenta de aprendizagem para o século XXI.

As apresentações multimédia podem, por sua vez, funcionar como base de debate e apoio das aulas e do trabalho posterior dos estudantes, claro que complementadas com outros tipos de intervenção.

De sublinhar, por outro lado, a enorme importância da Internet, tanto para o professor como para os alunos, ao permitir a exploração de situações de pesquisa em aula ou fora dela, quer como complemento aos temas abordados, quer na procura de dados e informações indispensáveis para a resolução de alguns exercícios e problemas propostos.

De referenciar igualmente o papel desempenhado pelo correio electrónico como via preferencial de contacto entre professor e alunos fora do espaço escola, tanto para o envio e recepção de trabalhos propostos, de projectos e relatórios de trabalhos experimentais e colocação de dúvidas de carácter geral relacionadas com as diversas componentes de trabalho respeitante à unidade curricular em causa.

Existem, no entanto, e como adverte Trindade (2002), dificuldades de integração do computador no ensino. Se bem que o balanço da utilização dos computadores neste contexto se revele claramente positivo, por se tratar de um instrumento imprescindível a um ensino activo, baseado na descoberta progressiva do conhecimento por parte do aluno e na maior autonomia do processo de aprendizagem, contudo enquanto para alguns, o computador parecia ser a chave para uma mudança significativa do ensino, para outros tratava-se de uma máquina com a qual não sabiam interagir e que poderia por em questão o papel do docente. A realidade é que nenhum dos cenários veio ocorrer. Se o computador, na área da educação, nunca assumiu um papel de substituto do professor, também não conseguiu, no âmbito das suas diversas aplicações, resolver todos os problemas educativos e conduzir a uma nova e bem sucedida realidade pedagógica. Como afirmam Wilson e Redish (1989), o computador revolucionou o modo como se realiza a investigação em Física mas não veio alterar significativamente a maneira como se ensina Física.

As novas tecnologias possibilitam a existência de novos métodos de leccionação. No entanto apenas virão a estar efectivamente integradas na pedagogia quando, a partir dessa interacção, surgirem novos métodos pedagógicos com efectivo sucesso.

2.3. O Ensino de Física em Engenharia

Este capítulo denominado de Enquadramento teórico apenas constituiria um todo consistente quando, partindo de uma pesquisa bibliográfica de índole mais abrangente, viesse a ser focalizado sobre uma revisão de literatura de âmbito mais direccionado para o tema deste trabalho de investigação. Do confronto entre a perspectiva inicial do autor e uma reflexão determinante, baseada na informação recolhida a partir das diversas fontes consultadas e analisadas, surgiu a planificação e construção de toda uma estrutura metodológica, conseqüente obtenção de resultados e respectivas análise e interpretação.

Este trabalho de investigação sobre o ensino e a aprendizagem da Física em Engenharia teve como embrião a ambição do seu autor de poder, de alguma forma, contribuir para que o sucesso dos seus alunos em unidades curriculares da área da Física pudesse ser, no futuro, uma realidade consistente. Sendo os referidos alunos, estudantes do Ensino Superior em Engenharia, perspectivou a possibilidade desse contributo constituir um pequeno impulso a juntar a outros no sentido de diminuir as elevadas percentagens de insucesso no Ensino Superior em Portugal, com particular incidência nas áreas de Engenharia. Uma vertente que o autor sempre considerou de enorme significado e importância está relacionada com a postura dos docentes do Ensino Superior face à presença de reverem metodologias e introduzirem novas estratégias. Os desafios colocados pelo processo de Bolonha poderiam ser o mote para a adopção

de diferentes dinâmicas, no que ao papel desempenhado pelos docentes diz respeito. E para tal não seria necessário que cada um desenvolvesse um trabalho de investigação de índole pedagógica com um cariz profundo. Numa abordagem inicial bastaria a vontade do docente em realmente tentar efectivar a mudança apoiando-se na literatura existente, conjugada com a sua própria experiência e ideias, o que poderia resultar no ponto de partida para um processo de ensino e aprendizagem mais motivador e eficaz. Em relação à prestação dos docentes pensamos relevante destacar a opinião de Arons (1974):

I am deeply convinced that a statistically significant improvement would occur if more of us learned to listen to our students....By listening to what they say in answer to to carefully phrased, leading questions, we can begin to understand what does and does not happen in their minds, anticipate the hurdles they encounter, and provide the kind of help needed to master a concept or line of reasoning without simply "telling them the answer."....Nothing is more ineffectually arrogant than the widely found teacher attitude that 'all you have to do is say it my way, and no one within hearing can fail to understand it.'....Were more of us willing to relearn our physics by the dialog and listening process I have described, we would see a discontinuous upward shift in the quality of physics teaching. I am satisfied that this is fully within the competence of our colleagues; the question is one of humility and desire. (p. 174)

2.3.1. O insucesso do ensino da Física no Ensino Superior

As dificuldades associadas ao desempenho dos alunos em Física não são exclusivas do Ensino Superior, nem tão somente dos estudantes portugueses. Efectivamente se analisarmos os resultados da 1ª fase dos exames nacionais do Ensino Secundário em 2010, podemos constatar que a disciplina de Física e Química A teve uma percentagem de reprovação de 25%, correspondendo à percentagem de reprovação mais elevada entre todas as disciplinas envolvidas e também a média mais baixa, situada em

81 pontos (Ministério da Educação – Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2010). Estes resultados surgem na linha de outros obtidos em anos anteriores e já apresentados no Quadro 1 deste capítulo, os quais colocam a Física, ainda que associada à Química, na disciplina de Física e Química A, como uma área do conhecimento onde os alunos apresentam prestações medíocres. É evidente que os fracos resultados associados a uma real complexidade, própria desta área do conhecimento, origina um certo afastamento dos alunos, tentados a frequentar cursos que os conduzam a diferentes saídas profissionais assentes em áreas de base de maior atractividade.

A própria União Europeia reconheceu há alguns anos a necessidade de aumentar o número de estudantes que frequentassem disciplinas nas áreas das ciências e tecnologias, como condição indispensável para a construção de uma sociedade baseada no conhecimento e conducente ao imprescindível desenvolvimento da economia (European Commission, 2002). Para tal defendeu a criação de condições que propiciassem o aumento do interesse e da motivação dos alunos, desde muito jovens, relativamente à matemática, às ciências e à tecnologia. Um dos objectivos passaria por aumentar o número de alunos a ingressar no Ensino Superior nessas áreas, nomeadamente em Engenharia, que se encontrassem preparados e motivados para enfrentar, em primeiro lugar, os desafios do próprio curso e a tornarem-se no futuro em profissionais competentes, munidos de uma formação adequada de base.

Em Portugal continua a assistir-se a uma procura intensa de cursos nas áreas da saúde, em particular de Medicina, onde ano após ano se têm vindo a registar as classificações de ingresso mais elevadas (Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, 2010), consequência de uma maior facilidade de colocação no mercado de trabalho, da perspectiva de melhores salários e de um percurso académico a nível superior menos comprometido com a Física e a Matemática. Por outro lado, como salientou o ministro Mariano Gago em Setembro de 2010, após a divulgação dos resultados da 1ª fase de colocações no Ensino Superior, em declarações difundidas pelos meios de comunicação social, foi de registar o aumento do número de alunos nos Institutos Politécnicos, que na óptica do ministro se ficaria a dever a uma enorme procura do ensino superior por parte de uma vasta camada da população que anteriormente a ele não teria acesso, como terá sido o caso do ingresso em Cursos de Especialização Tecnológica.

Identificamo-nos com a perspectiva de Ferreira (2009) que afirma ser o Ensino Superior um dos motores do desenvolvimento económico, bem como o instrumento principal de transmissão científica e cultural. Face à inovação e avanço tecnológico a que se assiste, a sociedade necessita de profissionais competentes habilitados com estudos superiores. Compete às instituições de Ensino Superior promover a formação desses profissionais, assegurando que adquiram as competências que lhes permitam dar uma resposta cabal às exigências do mercado de trabalho, tanto a nível nacional como internacional.

Um problema que o Ensino Superior em Portugal continua a enfrentar, sobretudo em determinadas áreas é, de facto, o do insucesso, quer este se traduza pelo número de anos que em média os alunos necessitam para concluir as respectivas formações, quer quando se encontra associado a situações de abandono. Conforme destaca Correia (2003) a entrada no Ensino Superior é considerada pelos jovens como uma fase determinante da sua vida, que condicionará todo o seu futuro. Muitas vezes sucede que os alunos não conseguem obter os resultados que esperariam alcançar, conduzindo-os a situações de desencanto, frustração e reduzida auto-estima, que frequentemente não conseguem superar. Assim sendo os estudantes não conseguem obter o aproveitamento desejado, originando um consequente prolongamento do tempo necessário para concluírem as respectivas formações ou em casos mais extremos ao abandono dos seus cursos. Como refere Albuquerque (2008), a par do problema do insucesso os estabelecimentos de Ensino Superior debatem-se com uma progressiva diminuição de estudantes resultado de factores de natureza sócio-demográfica.

Tendo por base um estudo do Observatório da Ciência e Ensino Superior (2007), sobre o sucesso escolar no Ensino Superior relativo ao ano lectivo de 2004-2005, pode verificar-se que 35,2% dos alunos do Ensino Superior Público não terminaram o curso no tempo previsto, resultado de uma percentagem de 32,9% para os estudantes do Ensino Universitário e 38,2% relativa aos alunos do Ensino Politécnico. Fruto da análise dos dados disponibilizados pelo citado documento, foi possível constatar que maioritariamente as percentagens de insucesso mais elevadas diziam

respeito aos estabelecimentos de Ensino Superior a leccionarem formações nas áreas de ciências e das tecnologias.

Alguns dos obstáculos que se colocam aos estudantes que iniciam a sua formação em Engenharia são as unidades curriculares na área da Física. Naturalmente que as dificuldades sentidas no seu anterior percurso académico, reflectidas nos resultados alcançados nos exames nacionais do Ensino Secundário, se revelam de forma significativa no processo de aprendizagem de Física no Ensino Superior, com o qual os alunos começam habitualmente a contactar logo no início do seu primeiro ano. Os docentes do Ensino Superior deverão ter a preocupação de contribuirem eles próprios para tentar suprir as lacunas que os alunos apresentam, de modo que estes adquiram as competências necessárias ao prosseguimento dos seus estudos e ao seu futuro desempenho profissional. Também deverão os professores assumir um papel motivador procurando elevar a auto-estima e os níveis de confiança dos alunos, factores igualmente decisivos para alcançar o sucesso. Partilhamos da opinião de Fiolhais (2004) quando numa metáfora curiosa comparou os momentos de entrada e saída dos alunos do Ensino Superior a dois buracos negros, considerando que ninguém sabia muito bem o que se passava entre eles, sublinhando a falta de produtividade característica do sistema de Ensino Superior. Concordamos também com algumas propostas indicadas como eventuais soluções pelo mesmo autor. Uma vez que a deficiente preparação dos estudantes tem sido uma das causas mais apontadas como factor de insucesso no Ensino Superior, nomeadamente no domínio da Física, o recurso a um regime de tutorias tendo em vista a promoção do

acompanhamento curricular dos alunos seria uma medida importante. A preparação pedagógica dos professores seria igualmente determinante, na sua opinião, para facilitar um melhor enquadramento das práticas de ensino.

Em relação ao modo como em Portugal os docentes do Ensino Superior encaram o ensino da Física, importa destacar a investigação desenvolvida por Cravino (2004). Este autor considera que a generalidade dos docentes pratica um ensino baseado na transmissão de informação, completamente centrado na figura e na orientação do professor, assumindo o aluno um papel essencialmente passivo. As aulas teóricas e teórico-práticas desenrolam-se com pouca interactividade e com limitada actividade por parte dos estudantes. As aulas práticas são baseadas na utilização de protocolos elaborados pelo professor, cujas indicações os alunos se limitam a seguir. Afirma também este autor que embora os professores possam ter presente o elevado insucesso escolar das disciplinas que leccionam e as dificuldades em aprender Física dos seus alunos, a maioria refugia-se em causas externas para justificar a situação, como sejam a ausência de conhecimentos de base e de motivação para a aprendizagem.

Para Tavares (2003) o perfil do professor constitui um dos principais factores que determinam o sucesso académico dos alunos. O docente do Ensino Superior tem de ser competente quer em termos científicos quer ao nível pedagógico. A competência científica abrange a necessidade de

possuir conhecimentos específicos actualizados acerca dos conteúdos programáticos a abordar, assim como uma cultura científica mais alargada e relacionada com assuntos afins. Em termos pedagógicos importa que o professor conheça diferentes vertentes relacionadas com os processos de ensino e de aprendizagem, bem como com os contextos em que aqueles se desenrolam. Salienta também o mesmo autor a necessidade do docente ser um bom comunicador, o que promove a sua interacção com os alunos.

Importa também identificar outros factores significativos que possam estar associados a uma possível melhoria dos resultados obtidos pelos estudantes, sobretudo no 1º ano do seu percurso no Ensino Superior. Conforme evidencia Albuquerque (2008) a existência de uma considerável componente laboratorial, o estabelecimento de ligações entre os conteúdos programáticos e o mundo profissional, um razoável ratio professor/aluno, uma menor dimensão dos turnos, um bom relacionamento de trabalho estabelecido com o docente, a sua acessibilidade e também a sua forma de leccionar são aspectos que poderão revestir-se de capacidade suficiente para alterar expectativas iniciais negativas por parte dos alunos.

Na óptica de Ferreira (2009) o percurso para o sucesso está condicionado ao recurso a novas práticas de ensino e de aprendizagem, baseadas em estratégias variadas e em diferentes modelos de acesso ao conhecimento, coexistindo em ambiente formais e informais de ensino e de aprendizagem. Para Dupont e Ossandon (1998) o incremento do rendimento dos alunos do Ensino Superior deverá resultar da adopção por

parte dos professores de modelos de ensino diversificados, baseados em metodologias de ensino e de aprendizagem centradas no aluno. A transmissão de informação deverá ser diversificada, com recurso a actividades que possam motivar os alunos, desde seminários, trabalhos de grupo e individuais, projectos de estudo, pesquisa e reflexão sobre a informação recolhida, resolução de problemas, entre outros.

No entanto torna-se relevante considerar o ponto de vista de Zabalza (2002), que releva o facto do Ensino Superior constituir um espaço complexo e multidimensional, onde surgem e interactuam influências diversas, pelo que os processos que nele ocorrem têm de ser necessariamente contextualizados. A ideia que transmite é que a evolução do ensino a nível superior pressupõe o conhecimento dos factores que a condicionam e propõe nomeadamente quatro eixos a ter em conta na análise e na definição dessa evolução: o eixo da política do Ensino Superior; o eixo dos conteúdos programáticos/ciência e tecnologia; o eixo dos docentes e do seu mundo profissional e o eixo dos estudantes e do mundo do trabalho que perspectivam.

2.3.2. Contributos para uma abordagem de sucesso no ensino da Física em Engenharia

O objectivo de otimizar o processo de ensino e de aprendizagem da Física no Ensino Superior em geral e, em particular, em Engenharia, tem constituído ao longo dos anos, uma importante vertente na investigação desenvolvida por diversos autores. Os contributos de alguns desses autores

foram determinantes na construção da estrutura de suporte que sustentou o trabalho, nomeadamente em termos do respectivo enquadramento teórico, da metodologia utilizada e da análise dos resultados obtidos.

Decorreu este trabalho de investigação numa fase posterior à adequação dos cursos envolvidos, licenciatura em Engenharia Mecânica e licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial, às novas regras estabelecidas pelo processo de Bolonha. Assim sendo, uma das condições a observar estava necessariamente ligada à mudança de paradigma no processo de ensino e de aprendizagem, associada a este período de grandes transformações no Ensino Superior. Essa mudança de paradigma residia no facto do ensino passar a estar centrado no aluno. Para Esteves (2008) esta condição é primordial para se atingir a excelência pedagógica no Ensino Superior, mas pressupõe um investimento na formação pedagógica dos docentes. Segundo o ponto de vista da mesma autora, embora a finalidade de considerar o aluno como centro do processo de ensino e aprendizagem não seja totalmente nova, assume-se como um desígnio importante sobretudo por três motivos:

- existe ainda um elevado número de situações em que a transmissão de informação tem como figura central o professor e os conteúdos leccionados;
- a massificação ocorrida no Ensino Superior fez ingressar no sistema grupos de alunos manifestamente heterógeneos, quer do

ponto de vista sócio-económico e sócio-cultural, como no que respeita aos seus anteriores percursos pessoais e académicos e projectos de futuro. Trata-se de um objectivo complexo de alcançar sobretudo se estiverem envolvidos grupos numerosos de estudantes;

- embora a conjuntura económica não seja favorável, este desígnio poderá funcionar como forte argumento no sentido de fomentar o aumento dos recursos de que o Ensino Superior tanto carece.

A heterogeneidade referida anteriormente é uma característica de facto dominante nos alunos que ingressam nos nossos dias no Ensino Superior. Neste âmbito é importante sublinhar que em cursos de Engenharia com uma base de suporte fundamentalmente constituída sobre conhecimentos de Física e Matemática, a variedade de cenários que se colocam, em termos de percursos de ingresso, acentua ainda mais a influência dessa heterogeneidade no processo de ensino e de aprendizagem. Devem ainda acrescentar-se as diferenças que resultam da própria personalidade, motivação e maturidade de cada aluno. Deste modo existe uma grande variedade de concepções de aprendizagem entre os estudantes que Entwistle (2000) sintetizou em duas grandes categorias: a dos alunos que assumem a aprendizagem como memorização e repetição e a dos alunos que consideram a aprendizagem como transformação dos seus próprios

conhecimento e experiência, como resultado da informação e das novas ideias que lhes são transmitidas.

Redish (1994) por seu lado e abordando o ensino de Física ao primeiro ano do Ensino Superior destacou, com base na sua experiência docente, o facto de muitos estudantes considerados como razoáveis alunos serem capazes de traçar um gráfico com um certo rigor mas em seguida não conseguirem efectuar a sua correcta interpretação ou, citando outro exemplo, o de estudantes que memorizam mas não percebem os conceitos de base envolvidos. No mesmo artigo procurou basear-se em estudos de natureza cognitiva para tentar compreender determinados comportamentos dos alunos no decurso do processo de ensino e de aprendizagem da Física a nível superior. Os alunos, como qualquer pessoa, organizam as suas experiências de vida e observações segundo padrões ou modelos mentais. Essa estrutura mental é significativamente distinta daquela que o professor assume que o aluno possui quando ensina, neste caso Física. Muitas vezes os docentes assumem que os alunos têm conhecimentos ou não sobre determinado tema. Contudo a realidade não é essa. Em termos cognitivos os alunos construíram, fruto das suas vivências, determinadas estruturas conceptuais que podem até reunir elementos contraditórios, mas que devem ser tidas em linha de conta no processo de ensino e de aprendizagem. No caso da Física a questão coloca-se com mais relevância dada a natureza dos temas envolvidos, muitas vezes relacionados com vivências quotidianas e com interpretações próprias dos alunos. Numa perspectiva construtivista o professor deverá procurar obter *feedback* das suas intervenções e realizar avaliações no sentido de procurar inteirar-se se as estratégias que utiliza

estão ou não a resultar. O professor deverá procurar centrar mais a sua atenção no que os alunos aprendem e menos nos temas que ensina. Contudo no Ensino Superior pode afirmar-se que esta é uma prática muito pouco corrente. Na realidade uma unidade curricular típica de Física do Ensino Superior envolve uma estrutura algo complexa. Para além dos conteúdos programáticos, dos professores, dos espaços lectivos e dos estudantes existem expectativas formadas e contextos quer para professores quer para alunos. Por esse motivo e como o objectivo que se pretende atingir passa por promover o sucesso o professor deve ter particular atenção em relação aos seus alunos e à forma como aprendem. Deve preocupar-se não apenas com o que pretende transmitir-lhes, mas também com os seus conhecimentos prévios e qual a sua influência nos processos de aprendizagem, tendo também em linha de conta os contextos em que esses processos se desenvolvem.

Num trabalho de investigação conduzido por Oliveira, Oliveira, Neri de Souza e Costa (2006) e que envolveu alunos de Física do 1º ano do Ensino Superior, estes autores evidenciaram que a utilização de diferentes estratégias, tais como: leitura de temas relativos à aula seguida de questões de natureza conceptual, aulas de resolução em equipa de exercícios e problemas, trabalhos de grupo em aulas laboratoriais, entre outros, conferiram aos alunos um papel activo na sua própria aprendizagem, o que resultou em maior motivação e interesse relativamente aos assuntos em estudo. Os estudantes abandonaram a tradicional postura de receptores passivos, assimilaram conhecimentos e adquiriram competências, que utilizaram de forma correcta.

Em conformidade com o papel activo que se deseja que os alunos assumam no processo de ensino e de aprendizagem, nele terá de existir uma forte componente de interactividade para que possa ocorrer a concretização de uma aprendizagem de efectiva qualidade. A esse facto se refere Hake (1998) como conclusão da investigação que desenvolveu em cursos de Física Introdutória, sublinhando que o uso de estratégias interactivas no espaço lectivo permitiu que os alunos tivessem conseguido melhores prestações tanto a nível da compreensão de conceitos como na resolução de problemas, relativamente ao que sucedia com o recurso a métodos tradicionais.

Opinião semelhante manifestaram Crouch e Mazur (2001) quando afirmam que o ensino tradicional pouco contribui para uma real compreensão dos conceitos físicos por parte dos estudantes, ainda que estes consigam resolver determinados problemas com recurso a algoritmos que de alguma forma memorizam. Em contrapartida os alunos adquirem competências envolvendo raciocínios complexos quando desenvolvem actividades que pressupõem uma maior interactividade. Um passo importante para promover a compreensão da Física implica o recurso a essa interactividade no decorrer das aulas.

Já foi aflorada anteriormente a questão dos contextos, que é destacada por Cravino (2004). Este autor considera que a aprendizagem dos conceitos científicos, dada a sua natureza específica, não pode ser efectuada de um modo descontextualizado e tendo por ponto de partida um considerável

grau de generalização. Sublinha que, no entanto, na maior parte dos casos é dessa forma que os docentes ensinam Física. Contudo, quando se coloca a situação da importância dos contextos, deve pensar-se em algo mais do que o ambiente em que ocorre o processo de ensino e de aprendizagem. Como refere Finkelstein (2001) o estudante, o conteúdo e o contexto envolvente devem ser considerados partes interactuantes entre si. Os estudantes ingressam no Ensino Superior com experiências e visões distintas do mundo que deram forma ao seu conhecimento. As situações em que a aprendizagem ocorre e a própria aprendizagem encontram-se relacionadas. Os estudantes compreendem um conceito num determinado contexto e esse mesmo contexto condiciona o modo como ocorre essa aprendizagem. Não é possível separar a aprendizagem do aluno do contexto em que ocorre. O contexto confere uma forma à aprendizagem e por sua vez é modelado pelo conteúdo e pelo estudante.

Esta perspectiva constitui um princípio fundamental do denominado construtivismo contextual, cujo modelo de aprendizagem se apresenta na Figura 2.

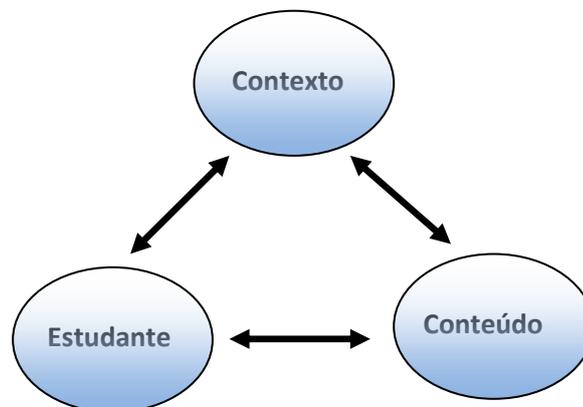


Figura 2 – Modelo de aprendizagem do construtivismo contextual (adaptado de Finkelstein (2001))

Relativamente ao ensino dos conceitos de Física o contexto aparece como elemento motivador para o estudante e constitui a base que confere coerência aos conceitos que se pretendem ensinar. Os contextos surgem no espaço lectivo, ligados a situações relativas à Física, passíveis de se tornarem propostas desencadeadoras de actividades a realizar ou mesmo constituindo parte integrante dessas actividades.

De salientar o ponto de vista de Arons (2003) quando se refere ao ensino dito de espiral. Além de afastar a ideia de que uma única exposição clara sobre um novo conceito ou um modo de raciocínio lógico-formal seria suficiente para um efectivo processo de ensino e de aprendizagem de todo um grupo de alunos, recusa também aceitar que os estudantes que não conseguissem assimilar os conteúdos fossem considerados incapazes de compreender o assunto em causa. Para este autor ainda que o docente, a nível do Ensino Superior, consiga promover a participação e a actividade mental dos alunos numa dada actividade lectiva, não deverá esperar que a totalidade dos alunos seja capaz de aprender todos os conteúdos apresentados numa única exposição. Será preciso que o docente repita a sua abordagem ao conceito ou ao raciocínio, passado um certo tempo, noutros contextos diferentes e sucessivamente mais ricos. Por cada regresso ao assunto, num caminho em espiral, será de esperar que um maior número de alunos consiga compreender os conteúdos. Para atingir o sucesso tornam-se necessários tempo e contextos distintos. Tempo que garanta a assimilação de ideias abstractas e modificação de contextos que evita a memorização e promova os processos de raciocínio.

2.3.3. Actividades a realizar no âmbito de uma unidade curricular de Física Introdutória

2.3.3.1. As concepções iniciais dos alunos

Conforme já sublinhado anteriormente uma considerável maioria dos alunos inicia a frequência de unidades curriculares na área de Física apresentando concepções acerca do mundo físico, construídas ao longo das suas vidas e que não resultaram de uma interpretação científica dos fenómenos. Essas concepções não devem ser ignoradas e será importante que constituam um ponto de partida, para que confrontadas com a realidade científica se vejam modificadas e integradas numa estrutura cognitiva correctamente estruturada.

Em particular em Mecânica, que preenche uma parte destacada dos capítulos dos planos de estudos das unidades curriculares do 1º ano da área de Física em Engenharia, é possível identificar concepções incorrectas comuns a uma maioria dos alunos. Na parte de Cinemática é habitual os alunos apresentarem dificuldades em lidar com as grandezas deslocamento, espaço percorrido, velocidade e aceleração. A representação gráfica de grandezas cinemáticas, a interpretação e os cálculos com base em gráficos traçados colocam imensas dificuldades aos alunos. De um modo geral torna-se complexo aos estudantes estabelecerem a correspondência entre as representações gráficas e um movimento real, bem como perceberem

conceitos a ele associados. Dada a associação mental que os alunos efectuam entre aceleração e movimento em geral, é comum os estudantes assumirem que um corpo com velocidade nula possui aceleração também nula, como por exemplo quando analisam a situação de um projectil que lançado verticalmente se encontra no ponto mais alto da sua trajectória. Também em relação à natureza vectorial das grandezas e respectiva manipulação se detectam consideráveis lacunas nos alunos. Estas lacunas reflectem-se igualmente no estudo da Dinâmica, particularmente na compreensão da força como grandeza vectorial.

A relação entre força e movimento também suscita consideráveis dúvidas na mente dos alunos. Quando efectuam a análise dinâmica de um movimento, os alunos inúmeras vezes argumentam que terá de existir uma força ou uma resultante de forças que actue necessariamente na direcção e sentido do movimento. Também surge frequentemente o erro de uma força de intensidade constante originar um movimento com velocidade constante. A noção da velocidade ser tangente à trajectória em cada ponto também não é devidamente compreendida, como igualmente é colocada em dúvida a trajectória assumida por um objecto que, no decurso de um movimento circular deixa de ser actuado pela força ou forças de cuja acção resultava o movimento. Para alguns alunos o corpo deveria prosseguir o movimento segundo a mesma trajectória. Inúmeras dificuldades são também detectadas a propósito das leis de Newton. Uma delas, relacionada com a 2ª lei já foi referida anteriormente a propósito da relação que alguns alunos estabelecem entre intensidade de força constante e movimento com velocidade constante. Também no que respeita à 1ª lei surgem lacunas,

nomeadamente envolvendo situações em que uma força ou resultante de forças deixa de actuar sobre um corpo, o que para alguns alunos tem como consequência a imobilização do mesmo. Relativamente à 3ª lei de Newton é complexo que os alunos compreendam que dois corpos ao interagirem o fazem exercendo forças de igual intensidade, um sobre o outro. A situação agudiza-se sobretudo se os corpos possuírem massas e/ou dimensões diferentes. Como é evidente as lacunas apresentadas pelos alunos não se esgotam nos exemplos referidos, realmente frequentes mas acompanhados de outros igualmente importantes, que também poderiam ser aqui abordados. Optou-se pelos que, no entender do professor-investigador, ilustram a situação de muitos alunos ao ingressarem no Ensino Superior, em cursos de Engenharia.

2.3.3.2. O ensino tradicional de Física

Embora seja preocupante que os estudantes evidenciem significativas lacunas na sua estrutura conceptual em Física quando ingressam no Ensino Superior, mais problemático se afigura o facto de, em muitos casos, o ensino tradicional não conseguir suprir essas debilidades e apesar dos alunos conseguirem concluir as suas formações, continuem a mostrar falhas a esse nível. A responsabilidade reside sobretudo na forma como os alunos são avaliados, através de exames baseados em problemas quantitativos, que os estudantes conseguem resolver seguindo procedimentos memorizados e fazendo muito pouco uso de conceitos físicos, ou recorrendo a uma

separação mental entre os conceitos abordados nas aulas e as suas crenças sobre a forma como o mundo real funciona. Qualquer das estratégias usadas pelos alunos poderá resultar em termos avaliativos mas conduzirá no futuro a que as concepções incorrectas venham a prevalecer.

2.3.3.3. A necessidade de mudança

Os docentes devem procurar utilizar métodos que permitam conseguir uma efectiva mudança conceptual nos alunos. O recurso ao conflito conceptual será um deles. O aluno é solicitado a responder a questões sobre uma determinada situação física ou mesmo a prevêr o resultado de uma demonstração prática. As respostas erradas do aluno são confrontadas, através do diálogo com o docente, com outras questões ou com a realização da demonstração prática, que possam colocar o aluno perante evidências que lhe mostrem ser a realidade distinta daquilo que ele pensa. O aluno será conduzido para a resolução do conflito, efectuando a substituição do conceito errado pelo conceito correcto. Este tipo de estratégia pode ser utilizado em diversos contextos como em aulas, trabalhos de casa, trabalhos laboratoriais ou sessões de apoio tutório.

Uma vez identificado que o ensino superior tradicional se mostra inadequado no ensino da Física, importa reflectir sobre que novos métodos empregar, que possam conduzir ao sucesso, tendo em linha de conta as características dos alunos e docentes bem como os contextos envolvidos.

As aulas integradas

Tal como referido anteriormente os alunos devem ser activamente envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Essa meta deve estar presente quando o docente planifica as suas aulas e estabelece as estratégias a utilizar. As aulas do Ensino Superior, tradicionalmente compartimentadas em aulas teóricas, aulas teórico-práticas e aulas práticas, deverão ter a sua separação repensada, por forma a poderem conduzir a uma optimização da envolvência dos estudantes. Dada a sua natureza as aulas práticas deverão ocorrer em dias previamente estabelecidos. As aulas teóricas e teórico-práticas leccionadas numa perspectiva integrada irão trazer vantagens ao processo de ensino e aprendizagem ao permitirem leccionar os conteúdos de uma forma versátil. Os conceitos abordados e discutidos com os alunos poderão ter uma aplicação imediata na resolução de exercícios e problemas no mesmo espaço lectivo.

Estas aulas integradas deverão ser planificadas para atingirem uma dinâmica viva, com a introdução de questões ou situações físicas do quotidiano, que permitam gerar controvérsia e discussão entre todos os participantes, alunos e docente. Um outro aspecto que deve ser

equacionado está relacionado com os meios que as tecnologias de informação e comunicação colocam à disposição dos docentes. Com um pouco de imaginação poderão ser criadas componentes de apoio às aulas suficientemente capazes de atrair o interesse dos alunos ou mesmo utilizar algumas, das inúmeras que se encontram disponíveis na Internet. Entre estas devem destacar-se animações interactivas que ilustram determinadas situações físicas reais e que são construídas para motivar e elucidar os alunos sobre determinadas vertentes conceptuais ou mesmo quantitativas. O docente e os alunos podem manipular a animação por forma a explorar o fenómeno em causa e dele retirar conclusões. As animações permitem aos alunos o estabelecimento de conexões entre grandezas físicas, respectiva representação gráfica e equações de definição. Ajudam igualmente os alunos na construção de modelos mentais dos sistemas físicos.

O recurso a pequenas demonstrações laboratoriais exerce também um efeito importante nos alunos, dado que lhes permite presenciar determinadas situações físicas que poderão ser alvo de pequenos debates nos quais o professor dirige a atenção dos alunos para eventuais contradições entre as previsões que os alunos possam manifestar em relação ao que se irá observar e o que efectivamente a demonstração prática acabará por evidenciar, conduzindo ao estabelecimento de algumas conclusões que o aluno poderá incorporar de forma mais vincada na sua estrutura conceptual. A discussão em torno das demonstrações laboratoriais revela-se extremamente importante, em detrimento de estratégias que limitam este tipo de intervenções a uma realização, explicação e formulação de conclusões limitadas ao docente. Os alunos que assistem

passivamente a demonstrações práticas não apresentam evolução favorável em termos conceptuais relativamente a alunos que não presenciam qualquer demonstração prática.

As interacções permanentes permitem por um lado que os alunos se mantenham intelectualmente activos no decurso das aulas e por outro, que o docente possa ir constatando a própria evolução dos alunos no que diz respeito à compreensão dos temas. As aulas deverão ser adaptadas em função das dificuldades específicas detectadas nos alunos, em relação a cada um dos temas. Será determinante que o docente estimule o diálogo entre os participantes nas aulas e possa transmitir aos alunos um *feedback* claro e imediato acerca das diversas intervenções, permitindo que os alunos possam perceber a sua evolução conceptual.

As aulas laboratoriais

O papel atribuído às aulas laboratoriais é de significativa relevância. Através delas pretende-se que os alunos possam pela manipulação de sistemas físicos, pela observação e análise do respectivo comportamento e também pela comparação entre dados obtidos e previstos compreender de forma mais clara conceitos básicos de Física. Torna-se igualmente importante envolver os alunos num processo que lhes permita a consolidação de determinadas concepções e o abandono de outras. Com o objectivo de desenvolver nos alunos competências que lhes permitam planificar e conduzir um trabalho experimental será fundamental que seja

abandonada a utilização de protocolos redigidos pelo docente e a adopção de uma metodologia com recurso a projectos de experiências elaborados pelos alunos e previamente debatidos com o professor. Os relatórios escritos resultantes de cada trabalho experimental efectuado permitirão desenvolver nos alunos competências ao nível da análise e interpretação de dados, da descrição de procedimentos laboratoriais e da comunicação de resultados e conclusões. Os trabalhos desenvolvidos e respectivos relatórios deverão ser objecto de uma discussão pública final.

O trabalho de casa

Independentemente da determinação que cada aluno possa colocar na aprendizagem que tenta levar a cabo, no decurso do estudo que efectua fora das horas lectivas, é importante que o professor tenha a possibilidade de orientar esse estudo e ter *feedback* a partir dessa orientação. Esse objectivo pode ser atingido através da elaboração de propostas de trabalho de casa, entregues com uma periodicidade estabelecida e com prazos definidos de resolução. Essas propostas de trabalho poderão reflectir aspectos que o professor entenda que deverão merecer uma atenção particular por parte dos alunos, fruto da análise que tenha realizado no decurso das aulas. Os alunos terão de efectuar a entrega da resolução nos prazos estabelecidos e o docente deverá ter a preocupação de corrigir e dialogar com cada aluno acerca da respectiva prestação, no mais curto espaço de tempo possível, decorrido após a entrega da resolução.

Sessões de apoio tutório

Na sequência das mudanças operadas como resultado do Processo de Bolonha, em que o aluno passou a desempenhar um papel nuclear no Ensino Superior, as denominadas sessões de apoio tutório teriam de corresponder às necessidades que seria de esperar que os estudantes revelassem. O aluno como principal dinamizador da sua aprendizagem viu aumentada a sua autonomia e a sua responsabilidade que normalmente o remetem para a necessidade de recorrer às sessões tutórias como apoio ao trabalho que desenvolve fora do espaço lectivo. Estas sessões tutórias não deverão ser entendidas como horas de atendimento em gabinete, mas terão de ter uma maior abrangência, decorrendo em espaço físico que permita a presença dos alunos que queiram participar, colocando as suas questões e debatendo-as com os colegas e professor. Essas questões poderão abranger um leque variado de temas, desde os assuntos abordados nas aulas, a resolução de exercícios e problemas, passando pela componente laboratorial e também por trabalhos elaborados pelos alunos. Em resumo, os alunos deverão poder usufruir destas sessões em função das necessidades que o seu próprio trabalho for fazendo surgir, sem qualquer tipo de constrangimentos, quer de obrigatoriedade de presença ou de permanência.

Formas de contacto

As possibilidades que as tecnologias da informação e comunicação colocam, hoje em dia, à disposição das pessoas permite que, também no Ensino Superior, entre alunos e docentes se possam estabelecer pontes de um intercâmbio mais estreito através da Internet. Seja para o envio de informação, entrega de trabalhos ou colocação de questões, trata-se sem dúvida de uma ferramenta preciosa para promover e complementar a interacção no seio de uma unidade curricular.

Avaliação

A avaliação dos alunos terá de abranger um conjunto de vertentes e não se limitar apenas à realização de uma prova final escrita. Os alunos ao terminarem a frequência de uma unidade curricular deverão ter adquirido um conjunto de competências de natureza variada, que serão necessariamente avaliadas com recurso a instrumentos de avaliação distintos. No caso concreto de unidades curriculares de Física ao nível do Ensino Superior, a componente laboratorial revela-se de grande importância, daí que a respectiva avaliação com instrumentos adequados constituirá um elemento relevante no conjunto global da avaliação. Também a participação e envolvência dos alunos nas actividades desenvolvidas deverá ser tida em conta numa ponderação final.