

# O Ensino Experimental das Ciências: do conceito à prática: Investigação/Ação/Reflexão

Jorge Valadares  
Universidade Aberta  
[jvalad@univ-ab.pt](mailto:jvalad@univ-ab.pt)

## Resumo

O ensino das ciências no nosso país tem sido desequilibrado no que diz respeito à relação que deve haver entre teoria e prática, e aí reside uma das razões para o insucesso desse ensino e para o repúdio, por parte de muitos estudantes, do conhecimento científico, tal como lhes é ensinado.

Há razões de diversa ordem para fundamentar a importância da actividade prática na educação científica, algumas das quais aqui serão referidas, mas, se é fundamental investirmos muito mais na componente prática do ensino, também é muito importante questionarmo-nos sobre o modo com deverão ser conduzidas as actividades práticas.

Que estratégias? Em que ambientes de aprendizagem deverão decorrer? Como devem ser conduzidas para contribuir para uma indiscutível melhoria da aprendizagem da ciência? A que metodologias e instrumentos deverão recorrer?

Encontrar respostas para as questões anteriores é muito importante, pois tem havido muita investigação em diversos países que tem revelado que os resultados do ensino prático e em particular das actividades experimentais estão muito aquém das expectativas. Assim, por exemplo, Frade (2000, p. 37) cita vários pesquisadores (Coulter, 1966, Siegal & Raven, 1971, Hofstein & Lunetta, 1982, Araújo, 1985, Glasson, 1989) que têm mostrado que, no que respeita a conhecimento conceptual, compreensão e aplicação dos processos da ciência e aquisição de atitudes positivas face à ciência, não têm sido reveladas melhorias significativas relativamente ao ensino não experimental.

Neste artigo pretende-se fundamentar a importância de um ensino com uma boa relação teoria-prática e apresentar algumas ideias que pretendem responder às questões atrás formuladas.

## 1. Introdução

É sabido que nos últimos anos, no nosso país, a componente prática no ensino das ciências (EC) tem sido desprezada. O ensino tem sido fundamentalmente teórico e as alunas e alunos das nossas escolas, desde a mais tenra idade, têm perdido oportunidades de desenvolver todas as capacidades que um ensino científico muito mais prático do que tem sido poderá propiciar.

Não sendo do âmbito deste artigo discutir as causas deste problema, vamos fundamentar em termos psicológicos e epistemológicos a importância de um ensino da ciência em que as componentes teórica e prática se encontrem «equilibradas» e procurar respostas para as questões atrás formuladas. Mas antes, importa referir aqui alguma terminologia actualizada relacionada com o ensino prático.

## 2. Introdução

Baseando-nos numa reflexão de Luís Dourado (2001, p. 13-18), vamos distinguir entre trabalho prático (TP), trabalho laboratorial (TL), trabalho de campo (TC) e trabalho experimental (TE), conceitos que muitas vezes se encontram misturados. Dado que poderão exigir níveis de prontidão cognitiva diferentes e ocorrer em locais diferentes há alguma vantagem em se distinguirem. Por outro lado, uma vez que hoje se defende o envolvimento de professores em actividades de reflexão e pesquisa em sala de aula, há vantagem em conhecer esta diferenciação por ir ao encontro da terminologia utilizada em pesquisas científicas.

De acordo com Hodson (1988, cit. Dourado, 2001), devemos designar por *trabalho prático* toda e qualquer actividade em que a aluna ou aluno se envolve activamente nos seus diversos domínios, cognitivo, afectivo e psicomotor. Trata-se do conceito mais geral e abrangente, subsumindo os conceitos de trabalho laboratorial e de trabalho de campo.

O *trabalho laboratorial* é, conforme a sua designação deixa entender, o trabalho prático que decorre no laboratório ou numa sala de aula, em que estão criadas as condições de segurança para que os alunos manipulem material laboratorial.

O *trabalho de campo* decorre, obviamente, no campo, mas não difere «em substância» do trabalho laboratorial, recorrendo muitas vezes a instrumentos que provêm dos laboratórios.

Por razões de uniformização com a linguagem praticada na pesquisa científica, a designação *trabalho experimental* deve reservar-se para todo e qualquer trabalho prático que envolva manipulação e controlo de variáveis. O aluno terá, para se envolver em trabalho experimental, de ter a prontidão cognitiva para estudar a variação de uma grandeza  $G$ , função de diversas variáveis,

$$G = f(v_1, v_2, v_3, \dots),$$

ou seja ser capaz de fixar todas menos uma para estudar a variação de  $G$  com esta, o que muitas vezes não é fácil.

Em pesquisa educacional, por exemplo, consideram-se dois grupos, o grupo experimental e o grupo de controlo, procura-se controlar todas as variáveis de que poderá depender a consecução dos grupos, aplica-se o chamado «tratamento» ao grupo experimental, em que apenas a variável em estudo influencia este grupo e não o de controlo, e no final comparam-se as consecuições.

Para que o estudo seja considerado experimental os grupos terão de ser estatisticamente equivalentes, o que exige dimensão e aleatoriedade. Por isso, os estudos que se efectuam são quase por sistema quase-experimentais.

Fica, pois, o seguinte alerta. quando falamos em actividades práticas, em actividades experimentais ou simplesmente em experiências, a grande maioria delas não correspondem a TE. Mas vai ser fundamentalmente sobre estas actividades de índole geral que nos iremos debruçar a seguir.

### 3. As actividades experimentais como propiciadoras do desenvolvimento de capacidades

É enorme o leque de capacidades que as actividades experimentais em geral poderão desenvolver nos alunos. Leslie Trowbridge e Rodger Bybee, por exemplo, fazem a seguinte classificação dessas capacidades (1990, p. 239 e 240):

#### A - Capacidades aquisitivas:

1. *Ouvir* – ser atento, estar alerta, questionar.
2. *Observar* – ser preciso, atento, sistemático.
3. *Pesquisar* – localizar fontes, utilizar variadas fontes, ser auto-confiante, adquirir capacidades de consulta bibliográfica.
4. *Inquirir* – perguntar, intervir, corresponder.
5. *Investigar* – ler informação de «*background*», formular problemas.
6. *Recolher dados* – tabular, organizar, classificar, registar.
7. *Pesquisar* – localizar um problema, assimilar o «*background*» necessário, estabelecer experiências, conceber conclusões.

#### B – Capacidades organizacionais:

1. *Registar* – construir tábuas e mapas, trabalhar com regularidades, efectuar registos completos.
2. *Comparar* – verificar em que as coisas se assemelham, procurar similaridades, notar aspectos idênticos.
3. *Contrastar* – verificar em que as coisas diferem, procurar diferenças, notar aspectos distintos.
4. *Classificar* – colocar as coisas em grupos e sub-grupos, identificar categorias, decidir entre alternativas.
5. *Organizar* – pôr os itens em ordem, estabelecer sistemas, preencher, rotular, arranjar.
6. *Planificar* – empregar títulos e subtítulos, usar sequências e organização lógica.
7. *Rever* – destacar itens importantes, memorizar, associar.
8. *Avaliar* – reconhecer aspectos bons e maus, conhecer como melhorar.
9. *Analisar* – ver implicações e relações, destacar causas e efeitos, localizar novos problemas.

#### C- Capacidades criativas:

1. *Desenvolver planos* – ver saídas possíveis, modos de ataque, estabelecer hipóteses.
2. *Arquitectar* – conceber novos problemas, novas abordagens, novos utensílios ou sistemas.
3. *Inventar* – criar um método, utensílio ou sistema.
4. *Sintetizar* – juntar as coisas similares em novos arranjos, hibridizar, associar.

#### D – Capacidades manipulativas

1. *Usar instrumentos* – conhecer as partes dos instrumentos, como funcionam, como se ajustam, o seu uso adequado a dadas tarefas, as suas limitações.
2. *Cuidar dos instrumentos* – saber como se guardam, usar as montagens adequadas, mantê-

<p>los limpos, manejá-los de modo adequado, respeitar as suas capacidades, transportá-los.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <i>Demonstrar</i> – montar aparelhos, fazê-los funcionar, descrever as suas partes e funções, ilustrar princípios científicos.</li> <li>4. <i>Experimentar</i> – reconhecer um problema, planificar um procedimento, recolher dados, registar dados, analisar dados, formular conclusões.</li> <li>5. <i>Reparar</i> – consertar e manter os equipamentos e instrumentos.</li> <li>6. <i>Construir</i> – produzir equipamentos simples para demonstração e experimentação.</li> <li>7. <i>Calibrar</i> – aprender a informação básica acerca da calibração, calibrar termómetros, balanças, cronómetros ou outros instrumentos.</li> </ol> <p>E – Capacidades de comunicação</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Questionar</i> – aprender a formular boas questões, ser selectivo no perguntar.</li> <li>2. <i>Discutir</i> – aprender a contribuir com ideias próprias, escutar as ideias dos outros, sustentar os tópicos, partilhar o tempo disponível de modo equitativo, atingir conclusões.</li> <li>3. <i>Explicar</i> – descrever para os outros com clareza, clarificar os aspectos principais, mostrar paciência, estar disposto a repetir.</li> <li>4. <i>Relatar</i> – descrever oralmente para a turma ou para o professor, de uma forma sintética, o material significativo nos diversos tópicos.</li> <li>5. <i>Escrever</i> – escrever relatórios das experiências ou demonstrações, não só preenchendo espaços mas concebendo os relatórios de princípio, descrevendo o problema, o modo de o atacar, a recolha de dados, o método de análise de dados, as conclusões e as implicações para futuros trabalhos.</li> <li>6. <i>Criticar</i> – criticar construtivamente ou avaliar trabalhos, procedimentos realizados ou conclusões.</li> <li>7. <i>Construir gráficos</i> – pôr em forma gráfica os resultados de estudos experimentais, ser capaz de interpretar os gráficos para outras pessoas.</li> <li>8. <i>Ensinar</i> – após a familiarização com um tópico, ser capaz de o ensinar aos colegas de modo a não ter de ser novamente ensinado pelo professor.</li> </ol>
---

Como vemos por esta tabela é grande o prejuízo em termos de desenvolvimento de capacidades quando não se realizam actividades experimentais ou estas são mal concebidas e exploradas. Mas esta tabela ainda se revela incompleta, pois não refere capacidades do foro afectivo e social que também podem ser desenvolvidas através da realização de actividades experimentais num ambiente adequado de sala de aula. Todas estas capacidades preparam os alunos para a vida social, para uma cidadania crítica e responsável. A formação num contexto prático e numa perspectiva de interacção da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente é fundamental no mundo de hoje devido ao impacto actual da ciência e da tecnologia na sociedade.

#### 4. Fundamento epistemológico da realização das actividades experimentais

Um dos primeiros e mais importantes contributos para a visão epistemologicamente construtivista da ciência foi a substituição da ideia de *conhecimento-facto* pela de *conhecimento-processo*, em que a concepção de um conhecimento científico estático deu lugar à concepção de um conhecimento científico *dinâmico*, sempre em devir, sempre em construção e reconstrução.

Grandes pensadores dos mais variados quadrantes defenderam já há muito tempo a visão da ciência como uma construção humana sempre desafiante e sempre inacabada (Piaget, 1976, p.11; Caraça, 1975, p. XIII, p. ex.)

A história da ciência mostra-nos como a ciência se foi construindo através de um processo de superação dialéctica entre pensamento e acção, entre teoria e prática. É essa sua natureza superadora de que Kant já se deu conta no século XVIII ao defender o seu criticismo e o seu fenomenalismo e ao não dar primazia epistemológica nem à razão nem aos sentidos, ao contrário do que fizeram racionalistas como Descartes e Leibnitz ou empiristas como John Locke e David Hume.

O construtivismo, tal como o devemos encarar nas aulas de ciências, deverá ter este carácter de interacção entre teoria e prática e não deverá privilegiar nem uma nem outra, mas antes a superação entre as duas.

Karin Knorr-Cetina afirma em «*The Manufacture of Knowledge*» (1981, p. 118) que a interpretação construtivista considera os produtos da ciência como primeiro e principalmente o resultado de um processo de fabricação (reflexiva).

As teorias científicas estão envoltas em constructos fabricados pela própria ciência, portanto produto do pensamento humano, mas que só poderão ser validadas e cumprir o seu papel de modo interactivo com os próprios objectos do mundo científico.

Em *suma*:

Toda a Ciência dita experimental na realidade é teórico-experimental. É uma construção humana resultante da interacção entre sujeito e objecto, entre pensamento e acção, entre teoria e experiência, sem qualquer hegemonia epistemológica de qualquer das partes. Um ensino correcto, eficaz, motivador e que proporcione visões correctas sobre a natureza da ciência tem de ser muito mais prático do que é hoje, uma prática em interacção permanente com a teoria.

#### 4. Fundamento psicológico da realização das actividades experimentais

O epistemólogo suíço Jean Piaget (1898-1980), criador da Epistemologia genética, começou logo a distinguir-se nos *anos 20* ao criticar a escola tradicional pelo facto de fomentar o isolamento e a passividade dos alunos e não a actividade e a cooperação entre eles (Piaget, 1928, cit. Morgado, 2005, p. 26). Tornou-se assim um *defensor da Escola Nova ou Activa*, surgida nos finais do século XIX e desenvolvida por conhecidos pedagogos como Montessori, por exemplo.

Desde então, e embebido do espírito desta Escola, passou a ser *defensor* da frequência pelas crianças de um *ensino pré-primário*, fundamental para o seu desenvolvimento sociomoral e cognitivo. As crianças, cooperando em trabalho de grupo, deverão desde muito cedo *realizar actividades práticas*, manipulando materiais e realizando jogos educativos. Entendia que essas actividades não só *desenvolvem o espírito de curiosidade e de experimentação dos alunos*, como contribuem para o *desenvolvimento de uma consciência reflexiva*. A sua substituição por qualquer tipo de metodologias alicerçadas nos sistemas audiovisuais (que sucedeu particularmente a partir dos anos 60) foi por ele considerada nefasta para o desenvolvimento das crianças nessa idade, por exigirem um grau de abstracção e simbolização que as crianças dessas idades ainda não atingiram.

Criticou o pouco interesse manifestado em muitos currículos pelas actividades experimentais. Fundamentando a importância do ensino prático para o desenvolvimento da criança, defendeu que desde os 3 anos as crianças fossem submetidas a uma propedêutica para o ensino das ciências com base numa metodologia activa e manipulativa de materiais simples, envolvendo noções gerais e básicas relacionadas com o dia a dia, como são as de ser vivo, força, velocidade, etc. Cada aluno deverá, portanto, ser submetido desde a pré-primária a um ensino que lhe permita procurar soluções para questões práticas através de experiências, reflectindo ao mesmo tempo sobre os procedimentos efectuados por ele e pelos seus colegas.

O trabalho prático é, segundo ele, útil para desenvolver as funções de conhecimento, as funções de representação e as funções afectivas, igualmente fundamentais.

Por volta dos dois e até aos sete anos, aproximadamente, a criança, que antes desenvolveu as sensações e os seus movimentos, portanto centrada nela mesma, situa-se num estágio de desenvolvimento que Piaget designa como *estádio pré-operacional* em que se abre do subjectivo ao objectivo e precisa de viver experiências com objectos concretos, manipulá-los e desenvolver os seus esquemas de pensamento com base neles.

A partir aproximadamente dos 7 anos, e quando passa aos *estádio das operações concretas*, em que a criança passa a interiorizar as acções de manipulação e contacto directo com o real e começa a constituir as operações como acções interiorizadas que são, continua a ser decisivo manipular objectos concretos do mundo real, familiarizando-se com eles, ou seja a experimentação é igualmente fundamental.

Mas atenção, em qualquer destas fases, aquilo que designámos atrás por *trabalho experimental*, que exige o raciocínio hipotético dedutivo e o controlo de variáveis, é desaconselhável. E é-o porque tais capacidades só aparecem no chamado *estádio das operações formais*. Até aí a criança só é capaz de operar com base no concreto e, em todas as situações que exijam raciocínio abstracto, ela é manifestamente incapaz de operar com os dados dessas situações. Ao atingir este estágio de desenvolvimento, também chamada *fase do pensamento abstracto*, liberta-se desta limitação. Passa a estar em condições de pensar sobre o próprio pensamento e sobre o pensamento das outras pessoas, é capaz de raciocinar em operações de segunda ordem e compreender, por exemplo, uma noção como a de densidade relativa que, como sabemos, é uma relação de duas relações entre massas e volumes. É também capaz de inspecionar os dados de uma situação e formular uma hipótese viável, de manipular sistematicamente variáveis, isto é, realizar pesquisa genuinamente experimental. Fica em condições de questionar com objectividade as perspectivas dos outros. Mas este período não é atingido antes dos 12 anos, segundo Piaget.

Mas não é só com base em Piaget que poderemos defender o ensino experimental. Também nos poderemos basear em outros psicólogos, por exemplo em Vygotsky. Para este psicólogo russo os instrumentos e os símbolos e o seu papel interactivo são fundamentais no desenvolvimento. A linguagem, como sistema simbólico, é decisiva. Uma criança, quando se confronta com um problema desafiante colocado na actividade experimental, apresenta uma variedade complexa de respostas que incluem tentativas directas, usa instrumentos como as mãos para realizar acções e fala ou comunica de diversos modos.

A relação entre o uso de instrumentos e da linguagem afecta várias funções psicológicas, em particular as operações sensório-motoras e a atenção, cada uma das quais é parte de um sistema dinâmico de comportamento. Pelas palavras, a criança isola elementos individuais, supera a estrutura natural do campo sensorial e forma novos centros estruturais. E vai entendendo o mundo não só através dos olhos, do mexer, mas também através da linguagem e de todos os sistemas simbólicos com que comunica com esse mundo. Todos os sinais que provêm do meio cultural, das pessoas que rodeiam a criança, dos colegas de grupo com quem trabalha, do professor enquanto mediador, são importantes e ajudam a construí-la enquanto ser em desenvolvimento. O *imediatismo da percepção é suplantado por um processo complexo de mediação*; a *linguagem e a comunicação com o mundo tornam-se parte essencial do desenvolvimento cognitivo da criança* e tudo isto pode ser propiciado em actividades experimentais colaborativas.

Para Ausubel, Novak, Gowin e outros defensores da Teoria da Aprendizagem Significativa (entre eles, o autor deste trabalho), este tipo de aprendizagem, enquanto *"reorganização activa de uma rede de significados pré-existentes na estrutura cognitiva desse indivíduo"* (Gowin, 1981), é facilitada, particularmente em fases precoces do desenvolvimento, se os novos conhecimentos forem vivenciados, fizerem parte da experiência dos aprendentes, em vez de serem coisas que lhe são afastadas. Além disso uma das condições para que a aprendizagem significativa ocorra é que o aluno se envolva afectivamente na actividade de aprender, o que é propiciado através de actividades experimentais bem conduzidas. Também poderíamos utilizar argumentos baseados em Gagné, em Bruner ou em outros psicólogos educacionais mas cremos serem suficientes os argumentos já apresentados.

## **5. Que estratégias de realização das actividades experimentais?**

Tem havido muita investigação levada a cabo ao longo dos anos e em diversos países sobre o ensino experimental e a sua eficácia para a aprendizagem da ciência. Por exemplo, Frade (2000, p. 37) cita vários pesquisadores (Coulter, 1966, Siegal & Raven, 1971, Hofstein & Lunetta, 1982, Araújo, 1985, Glasson, 1989) que mostraram o facto de, no que respeita a conhecimento conceptual, compreensão e aplicação dos processos da ciência e aquisição de atitudes positivas face à ciência, o ensino experimental estar longe de satisfazer as expectativas menos optimistas, não tendo sido reveladas quaisquer vantagens relativamente ao ensino não experimental. Em muitos casos, o ensino experimental da ciência tem-se constituído em pouco mais do que uma perda de tempo.

Num trabalho recente desenvolvido na Universidade de Clemson, e relatado por R. Kosinski (1993) na Internet, foi comparado o domínio do conteúdo de um curso científico, da natureza da ciência e das capacidades procedimentais por dois grupos de alunos: um sujeito a actividades experimentais tradicionais e outro sujeito a actividades bastante abertas, em que os alunos definiam as questões, estruturavam o processo, escolhiam as técnicas apropriadas, levavam a cabo as experiências e relatavam os resultados na forma oral e escrita. Não foram notadas diferenças significativas nos resultados conseguidos com essas estratégias.

Um grande número de alunos sujeitos a estas actividades investigativas muito abertas ficou com uma opinião favorável relativamente ao carácter investigativo de certas partes das mesmas, pois transmitia-lhes mais confiança acerca da sua capacidade de analisar problemas cientificamente, mas não relativamente às actividades na sua globalidade, por considerarem que envolviam um consumo excessivo de tempo.

Este trabalho deve levar-nos a concluir como devemos ser cautelosos na escolha das estratégias a adoptar nas actividades experimentais e a ter em linha de conta os objectivos que pretendemos que os nossos alunos alcancem com elas.

Concordamos com Pérez e Gonzáles (1992) ao apontar alguns factores que contribuem para o insucesso que se tem verificado nas abordagens que têm sido seguidas no trabalho experimental nas escolas (in Frade, 2000):

- o modelo de transmissão de conhecimentos que predomina nas nossas escolas faz dos trabalhos práticos meras experiências de ilustração e verificação;
- a actividade docente não assume uma postura inovadora e crítica;
- as sessões teóricas, a resolução de problemas e os trabalhos práticos são apresentados geralmente como aspectos separados, o que pode favorecer a realização de actividades experimentais "rotineiras". Nessas actividades não se pretende abordar problemas que possam eventualmente surgir antes da aula teórica, o que limita grandemente o seu valor educativo;
- persiste uma visão desajustada e ultrapassada do trabalho científico que se baseia na ideia empirista de "método científico".

Há anos que vimos defendendo a necessidade de recorrer a *estratégias construtivistas e investigativas* na actividade experimental. Para tal, elas deverão ter um duplo suporte: serem adequadas à natureza construtivista da ciência e aos princípios psicológicos referentes ao desenvolvimento e aprendizagem dos alunos. Os dois adjectivos «construtivistas» e «investigativas» estão longe de ser claros e consensuais. Torna-se pois necessário clarificar aquilo que significam.

Há as mais variadas formas de construtivismo. Assim, por exemplo, Martin Dougiamas (1998) distinguir *construtivismo radical e trivial, construtivismo social, construtivismo cultural, e construtivismo crítico*. E Dougiamas, neste seu artigo publicado na Internet, desconhece outras formas de construtivismo, como por exemplo o *construtivismo humano* (Novak, 1993, Mintzes *et al.*, 2000).

O construtivismo que defendemos para as ciências ditas experimentais aproxima-se do *construtivismo humano*, é trivial porque não nega o carácter representacional da ciência e é um paradigma com repercussões na filosofia da ciência, na psicologia educacional e na educação científica (Valadares, 1995, pp. 123 a 167).

Em contraste com a noção de construtivismo radical e social, o construtivismo humano toma uma posição moderada sobre a natureza da ciência. Por um lado, acha as opiniões dos "positivistas lógicos" clássicos intelectualmente indefensáveis; por outro, acha que muitos construtivistas criaram um mundo mental relativista que acaba por se destruir a si próprio. Prefere em vez disso uma visão da ciência que reconheça um mundo externo e cognoscível, mas que dependa em grande parte de uma luta intelectualmente exigente para construir heurísticamente explicações fortes, através de largos períodos de interacção com os objectos, factos e outros indivíduos. Na sua forma mais simples, acredita que os seres humanos são criadores de significados, que o objectivo da educação é construir significados partilhados e que este objectivo pode ser facilitado através da intervenção de professores bem preparados (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p. 17).

Uma análise da evolução histórica de diversas ideias científicas e uma longa reflexão sobre os problemas filosóficos do conhecimento científico baseada na leitura de diversas obras, entre as quais o livro marcante *Erkenntnistheorie*, do filósofo alemão Johannes Hessen, professor da universidade de Colónia<sup>1</sup>, o conhecimento que me proporcionou a incursão no domínio da Psicologia da Educação, a influência de Gowin, Novak e diversos Colegas envolvidos na reflexão-acção sobre a aprendizagem significativa dos alunos, e uma leitura atenta de diversos trabalhos sobre as ciências e tecnologias da cognição e sobre o construtivismo, conduziram-nos a uma posição dialecticamente superadora das grandes antíteses dogmatismo-cepticismo, empirismo-racionalismo e realismo-idealismo (Valadares, 1995 e 1999), uma posição que se poderá traduzir no seguinte princípio: *o conhecimento dos objectos naturais e dos artefactos é uma construção humana resultante de interacções complexas envolvendo sujeitos e esses objectos em que nem uns nem outros têm a hegemonia epistemológica*. (Valadares, 2000).

Um construtivismo adequado às ciências ditas experimentais não deverá ser nem dogmático nem céptico, nem empirista nem racionalista, nem realista nem idealista, mas aceitar e superar argumentos cepticistas e dogmáticos, racionalistas e empiristas, realistas e idealistas.

O filósofo actual Kuno Lorenz afirma a propósito das disputas entre o racionalismo clássico e o empirismo, o racionalismo lógico e o empirismo lógico do século XX, o mentalismo e o comportamentalismo que *"a mente pertence à natureza e que falar da natureza é uma*

---

<sup>1</sup> Foi publicado em 1926, e traduzido para Portugal com o título "Teoria do Conhecimento". A 7ª edição saíu em 1987.

*particular realização da mente*" (1999, p. 148). De facto, não há qualquer prioridade nem por parte dos "poderes da mente" nem por parte dos "poderes da natureza".

Sem o recurso ao conteúdo da mente seria impossível interrogar a natureza e sem os dados fornecidos pela natureza não haveria mais conhecimento científico na mais rica das mentes.

É, pois, descabido defender-se para as ciências da natureza um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista (Valadares, 2000).

Do ponto de vista psicológico, o construtivismo que defendemos (Valadares e Graça, 1998, p. 17, adaptado):

- Não considera a mente como uma «caixa negra» cognoscível através apenas das respostas a estímulos.
- Supera o objectivismo e o subjectivismo das percepções, não considerando estas nem dependentes apenas dos objectos exteriores nem dependentes apenas das ideias prévias do sujeito.
- Considera que a passagem do significado lógico do conhecimento a significado psicológico por cada mente é influenciada por factores endógenos que actuam de modo complexo, que o pensamento, sentimentos, emoções e paixões por um lado, e a acção por outro, estão envolvidos de um modo complexo no processo individual de construção do conhecimento.

É com esta base epistemológica e psicológica que chegamos a uma nova visão pedagógica segundo a qual a aprendizagem de cada aluno é um processo activo, pessoal e idiossincrático, de construção do seu conhecimento. Nesse processo, o conhecimento prévio do aluno e a forma como está estruturado na sua mente (estrutura cognitiva do aluno) é decisivo. Mas também é fundamental o contacto com a natureza através de um ambiente natural ou dos fenómenos reproduzidos num ambiente experimental ou, mesmo, nas condições em que tal não seja possível, num ambiente simulado em computador. É aqui que a actividade experimental tem uma missão fundamental a cumprir.

Tal como afirma Scott (1987), construtivista será aquele que "*entende os estudantes como aprendizagens activos que vêm para as aulas de ciências já com ideias acerca dos fenómenos naturais e que eles usam para dar sentido às experiências diárias*" (in Crowther, 1997).

Estamos agora finalmente em condições de apresentar uma primeira definição do que é uma *estratégia de aprendizagem construtivista: é aquela que tem em linha de conta o construtivismo, tal como o acabámos de caracterizar.*

Na escola, o papel do professor passa também por apresentar aos alunos um maior ou menor volume de informação com a estrutura final que se pretende que o aluno aprenda. Mas grande número de capacidades, que são fundamentais no mundo de hoje, não serão estimuladas e desenvolvidas nos alunos se o professor não adoptar estratégias em que eles terão de pesquisar, com objectos e fenómenos, questões de complexidade adequada, à procura de respostas a essas questões. São os alunos que, mais ou menos guiados pelo professor, encontrarão as respostas às questões e, deste modo, construirão novos conhecimentos. E é desta forma que desenvolverão capacidades fundamentais para o seu futuro como membros de uma sociedade em mudança permanente.

Estas estratégias são *construtivistas*, porque o aluno assume o papel fulcral de construtor do seu próprio conhecimento na interacção com os objectos mediada pelo professor e colegas, e são *investigativas* porque o aluno é situado num processo de pesquisa orientada na resposta a problemas científicos relevantes que focam e norteiam toda a sua actividade. Estas estratégias são importantes no «desempacotamento» pelo aluno da informação contida numa fonte de conhecimento escrito (uma secção de um manual, por exemplo) de modo a aprender significativamente o seu conteúdo, mas são particularmente recomendáveis nas actividades experimentais que se pretendem eficazes do ponto de vista da aprendizagem significativa dos alunos e na *resolução dos mais variados problemas*, que deverão ser tanto quanto possível reais, tratados no seu próprio ambiente em trabalho de campo ou transportados de situações de fora da escola, do dia a dia ou não, para dentro da sala de aula. Um bom exemplo foi o estudo feito na mina de São Domingos no âmbito da formação de um grupo de Professores Acompanhantes para o Ensino das Ciências, criado há poucos anos no Ministério da Educação (Pedrosa e Mateus, 2000; Veríssimo e Ribeiro, 2000). Outros bons exemplos podem ser encontrados em Cachapuz, Praia e Jorge (2002).

## 6. E em que ambiente?

A *aprendizagem construtivista e investigativa* ligado ao chamado *Ensino por Pesquisa* (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002, p. 171-191) deve ter subjacente uma visão construtivista adequada da produção do conhecimento e, além disso, o aluno deve ser envolvido num ambiente propício à pesquisa. De facto, uma boa aprendizagem exige a criação de um bom ambiente de aprendizagem. Vários autores (Cunningham, Duffy & Knuth, 1993, Jonassen, 1994, Savery & Duffy, 1995) designam por *ambientes construtivistas* aqueles que devem estar subjacentes às estratégias construtivistas e investigativas. O quadro seguinte foi construído com base em ideias destes autores, mas foi ampliado com ideias pessoais.

#### **Ambientes construtivistas**

- 1ª - Põem a ênfase na construção activa e significativa do conhecimento e não na sua interiorização passiva e reprodução de memória.
- 2ª - Privilegiam as tarefas dos alunos em contextos que para eles sejam significativos, em vez das preleções abstractas do professor fora dos contextos adequados.
- 3ª - Privilegiam as situações do mundo real e do dia a dia, em vez das sequências de ensino academicamente rígidas e pré-determinadas.
- 4ª - Propiciam múltiplas representações dos mesmos objectos/fenómenos e não uma só (representações icónicas, verbais, formais, qualitativas, semiquantitativas, quantitativas, etc.).
- 5ª - Encorajam a reflexão crítica constante dos alunos durante as suas actividades, a análise do que dizem e fazem, bem como o que dizem e fazem os seus colegas, ou seja no fundo a metaprendizagem.
- 6ª - Propiciam actividades dependentes do contexto e do conteúdo e têm em conta os estilos e ritmos de aprendizagem dos alunos.
- 7ª - Estimulam a construção colaborativa do conhecimento através da negociação social e não a competição individual pela classificação.
- 8ª - Privilegiam a avaliação formadora que, tal como a encaramos, deve estar voltada não só para a regulação da aprendizagem de cada aluno pelo professor, como também para a reflexão pessoal, auto-avaliação e autocorreção da aprendizagem.
- 9ª - São agradáveis e propiciadores de boas relações interpessoais dentro e fora das aulas.
- 10ª - São motivadores e responsabilizadores dos alunos pelas suas próprias aprendizagens.

A aprendizagem cooperativa que estes ambientes estimulam deve ser levada a cabo tendo em linha de conta os estudos que têm sido efectuados sobre esse tipo de aprendizagem. Hoje já dispomos de muita pesquisa sobre esse tema.

Independentemente dos estilos de aprendizagem que deverão ser tanto quanto possível respeitados, as estratégias construtivistas e investigativas deverão fazer com que os alunos (Jonassen & Tessmer, 1996/7) sejam:

- *Activos* – para interactuarem com o ambiente e os materiais de aprendizagem que lhes são proporcionados;
- *Pesquisadores* – para explorarem os materiais e o ambiente de aprendizagem que lhes são proporcionados;
- *Intencionais* – procurando espontaneamente e de boa vontade atingir os objectivos cognitivos;
- *Dialogantes* – envolvidos em diálogos uns com os outros e com o professor;
- *Reflexivos* – articulando o que aprenderam e reflectindo nos processos e nas decisões tomadas;
- *Ampliativos* – gerando juízos ou asserções, atributos e implicações com base no que aprenderam.

Dois autores bastante citados pelos estudiosos do construtivismo, particularmente das implicações deste na sala de aula, são Brooks & Brooks (1993 e 1999). Estes autores consideram, e bem, que a aprendizagem está longe de ser um processo linear, e a qualidade do ambiente de aprendizagem não é apenas função de aonde os alunos «vão terminar» nos períodos de testes ou de quantos estudantes «terminam aí». A natureza dinâmica da aprendizagem torna difícil circunscrever nos instrumentos de avaliação os limites do conhecimento e da expressão.

Questionando os ambientes tradicionais da sala de aula e da sua «fobia» para a preparação para os testes, estes autores acabam por considerar que

numa sala de aula construtivista, o professor procura conhecer os entendimentos dos estudantes acerca dos conceitos e, a seguir, estrutura oportunidades para os estudantes refinarem ou reverem estes entendimentos colocando-os em contradições, apresentando-lhes novas informações, colocando-lhes questões, encorajando-os à pesquisa e, ou envolvendo os estudantes em inquéritos concebidos para desafiar as suas concepções actuais (*idem*).

Ainda segundo estes autores, são 5 os princípios que deverão estar sempre presentes numa sala de aula construtivista (Brooks e Brooks, 1993 e 1999):



Numa sala de aula construtivista:

- Os professores deverão procurar conhecer e valorizar os pontos de vista dos alunos.
- As actividades da sala de aula deverão desafiar as suposições dos alunos.
- Os professores deverão colocar problemas cuja relevância emerge do aluno.
- Os professores deverão conceber as suas aulas em torno de conceitos primários e “grandes” ideias, no sentido da sua abrangência e generalidade.
- Os professores deverão avaliar a aprendizagem dos estudantes no contexto do ensino do dia a dia.

Termina-se esta secção dedicada ao ambiente que deve presidir às actividades construtivistas e investigativas afirmando que, no fundo, o que está subjacente a este ambiente é o facto de a aprendizagem ser definitivamente aceite como uma actividade pessoal e idiossincrática de cada aluno, e que lhe deve ser dada a liberdade controlada e a responsabilidade partilhada para aprender num ambiente estimulador de diálogo e cooperação em que o professor é um apoiante e facilitador, um mediador fundamental.

## 7. Instrumentos metacognitivos e heurísticos baseados na TAS podem ajudar

Felizmente dispomos hoje de alguns instrumentos guiados pelo construtivismo atrás defendido e pela Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) que se encaixam perfeitamente nos ambientes anteriormente caracterizados e nas estratégias construtivistas e investigativas que defendemos. Este artigo termina com uma referência necessariamente sumária a dois desses instrumentos que são cada vez mais conhecidos, mas cujas potencialidades estão ainda muito por explorar: o mapa conceptual e o Vê do conhecimento<sup>2</sup>.

O *mapa conceptual* é um organizador gráfico criado por Joseph Novak em que os conceitos estão hierarquicamente dispostos e ligados entre si na forma de proposições, através do recurso a palavras de ligação. Quando um mapa conceptual é construído por um aluno, ele expõe a sua estrutura cognitiva de um modo grosseiro, mas é o suficiente para revelar deficiências conceptuais nesta, em particular as tão vulgares «*misconceptions*». Quando um aluno constrói um mapa conceptual com base na análise de um texto, ele revela o modo como «vê mentalmente» a estrutura conceptual do texto, como ele encara a organização dos conceitos, quais os que destaca como mais gerais e mais importantes e como diferencia e reconcilia os conceitos que aparecem ao longo do texto. A estrutura linear do texto é convertida numa estrutura em rede, sendo desta forma que o significado lógico do texto irá transformar-se em significado psicológico para aquele aluno.

Há sempre a possibilidade de construir mapas de malha cada vez mais apertada, e portanto mais minuciosos, do mesmo modo que há cartas geográficas ou mapas de estradas de malha larga para todo um país e de malha estreita para uma pequena região desse país.

Alguns dos aspectos que mais se deverão valorizar nos mapas conceptuais são: o *aspecto dendrítico*, ou seja a existência de ramificações como numa árvore, pois é revelador (se as ligações estiverem correctas) de uma boa estruturação do assunto; a *validade dos níveis de hierarquia*, pois revela uma boa hierarquização e diferenciação dos conceitos; a *correção das relações* (palavras de ligação) entre os conceitos, pois mostra que não há *misconceptions* e outras deficiências conceptuais; as *ligações transversais* ou *cruzadas* entre conceitos de ramos distintos, pois revelam a reconciliação integradora dos conceitos características das concepções ricas; a *correção dos exemplos*.

Temos usado os mapas conceptuais para revelar as dificuldades conceptuais dos alunos. O Apêndice I, por exemplo, apresenta um mapa conceptual construído por um aluno do 8º ano e que revela claramente que ele ainda não diferenciou os conceitos de corpo e de material. Ao afirmar que um corpo pode ser uma substância, não está a diferenciar os caracteres qualitativo e quantitativo inerentes ao conceito corpo.

O mapa conceptual que consta do Apêndice II foi construído por um bom aluno do 11º ano de escolaridade (com uma média final de 16 valores nas disciplinas desse ano), após um excelente trabalho experimental realizado intencionalmente numa abordagem clássica. Veja-se a permanência da *misconception* vulgar do calor e temperatura.

O *Vê do Conhecimento*, também chamado *Vê heurístico*, *Vê epistemológico* ou *Vê de Gowin*, é um instrumento que permite ajudar os alunos nas tarefas investigativas na sala

<sup>2</sup> Outros existem, mas menos conhecidos e acima de tudo menos trabalhados (ver, por ex., Mintzes et al., 2000, p. 100 a 129).

de aula, no laboratório ou no campo, particularmente nas actividades experimentais. Aliás Gowin criou-o na sequência do método das 5 perguntas e este método surgiu precisamente para ajudar os alunos a aprenderem significativamente nos laboratórios de ciências.

O *Vê heurístico* construído por um aluno, para além de servir de orientação à produção da sua pesquisa pessoal ou em grupo, é um instrumento que acaba por revelar o modo como cada aluno construiu o seu conhecimento numa dada experiência educativa, realçando as suas dificuldades conceptuais e metodológicas. Daí o seu interesse como ferramenta de aprendizagem significativa, de metacognição e de avaliação formativa e, mais do que formativa, formadora, autoreguladora da própria construção do conhecimento pelo aluno. Alguns dos aspectos que mais se deverão valorizar numa investigação baseada num *Vê* do conhecimento são os seguintes: a *clareza da explicação das teorias assumidas*; a *clareza da enunciação dos princípios*; o *rigor da definição dos conceitos*; o *rigor dos registos formulados*; o *rigor das transformações dos dados*; a *adequação dos juízos cognitivos*; a *adequação dos juízos de valor*; e, finalmente, a *coerência interna* entre estes blocos do conhecimento

No Apêndice III, é apresentado um *Vê* construído por uma mestranda numa aula de Didáctica da Física. A Mestranda apresentou um relatório baseado no *Vê* onde descreveu toda a pesquisa numa perspectiva construtivista e investigativa a que o rigoroso respeito pelo *Vê* obriga. Relativamente aos alunos envolvidos nos trabalhos de laboratório, a parte filosófica do *Vê* pode ser dispensada, mas é bom que se esclareça que a palavra filosofia, no que ao *Vê* diz respeito, nem sempre pretende ter um significado erudito, isto é, uma ou duas afirmações de carácter «filosófico» (exemplo, «o trabalho experimental não deve ser encarado numa perspectiva nem empirista nem racionalista) poderão ser mais úteis do que a referência do nome de uma filosofia (exemplo, fenomenologia de Husserl).

## 8. Conclusão

A actividade experimental é muito importante, conforme se procurou fundamentar epistemológica e psicologicamente neste trabalho. Mas só resultará numa verdadeira mais valia para a educação científica se forem adoptadas estratégias construtivistas e investigativas e num ambiente adequado. Isto obriga a que sejam respeitados determinados pressupostos epistemológicos e psicológicos, que aqui se procuraram, de um modo necessariamente sintético, formular. Na sua essência, esses pressupostos conduzem a um aluno necessariamente activo e participativo, cuja aprendizagem da ciência é uma construção pessoal e idiossincrática, ainda que muito influenciada por diversos factores sociais, entre os quais se destaca o papel essencial do professor. O recurso ao trabalho cooperativo em pequenos grupos e no grupo-turma, bem concebido e orientado, a uma avaliação formadora claramente voltada para a metacognição e a instrumentos metacognitivos como é o *Vê* heurístico de Gowin e o mapa conceptual de Novak (ou, no mínimo, pelo espírito construtivista subjacente a eles) são fortemente recomendados.

Se por vezes uma actividade experimental, realizada até mesmo no grupo-turma, poderá confirmar uma asserção estabelecida previamente por via teórica, repetindo um pequeno troço da história da ciência (a lei da impulsão nos fluidos, por exemplo, foi estabelecida primeiro teoricamente por Arquimedes), se, outras vezes, uma experiência servirá para desencadear uma pesquisa teórico-experimental, repetindo uma vez mais um pequeno episódio da história da ciência (por exemplo, a célebre experiência de Oersted que desencadeou o estudo do electromagnetismo), nas situações vulgares das actividades experimentais os alunos deverão desenvolver pesquisas completas em que trabalharão ao mesmo tempo um quadro teórico (necessário para a fundamentação da parte procedimental desse mesmo trabalho) e um quadro metodológico.

Há que encontrar novos caminhos que conduzam a um ensino das ciências mais aliciante, motivador e frutuoso, mas ao mesmo tempo mais adequado à natureza da ciência, aos princípios psicológicos do desenvolvimento e da aprendizagem dos alunos e ao mundo da informação, do conhecimento e da mudança em que vivemos.

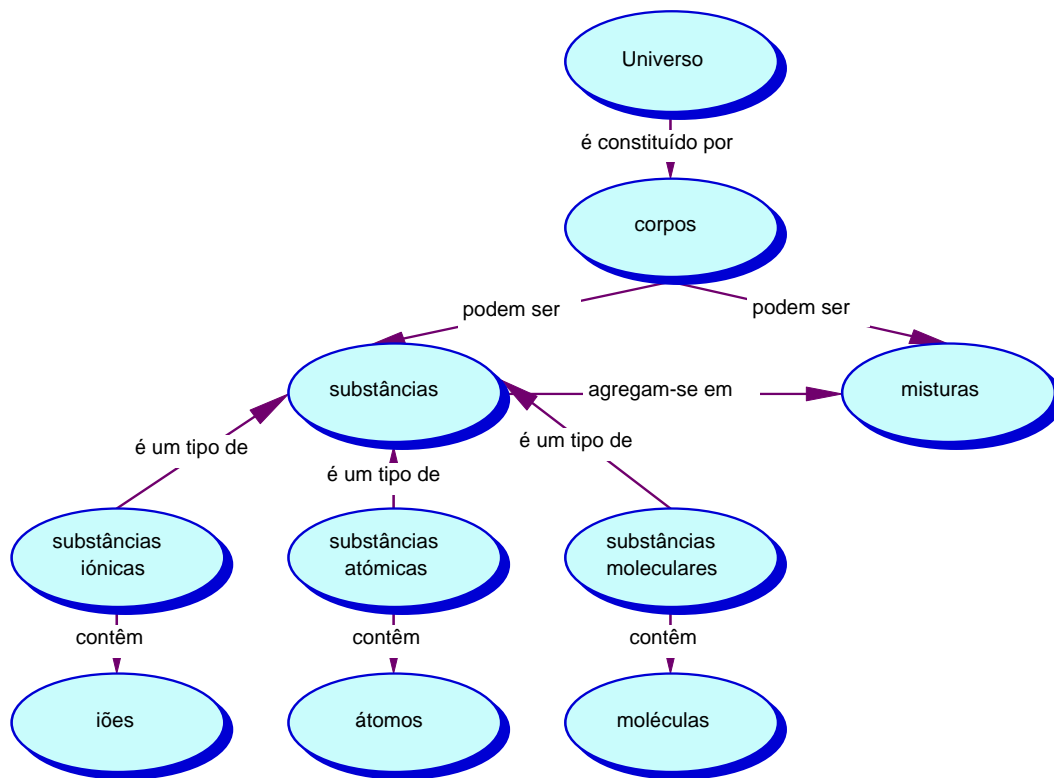
Devemos estar conscientes de que o "*o factor mais importante de que depende a aprendizagem dos alunos é aquilo que eles já sabem*" (Ausubel et al., 1980) e, por isso, os alunos não podem partir para uma aprendizagem baseada no trabalho experimental sem nada saberem acerca do que vão fazer, sem sequer compreenderem a questão ou questões a que vão ter de responder, sem terem os conhecimentos minimamente necessários para desencadear a metodologia necessária para recolher dados, ajuizar do

seu valor, transformá-los adequadamente de modo a tornar explícitas as conclusões, responder e criticar as respostas às questões, analisar o trabalho, etc.

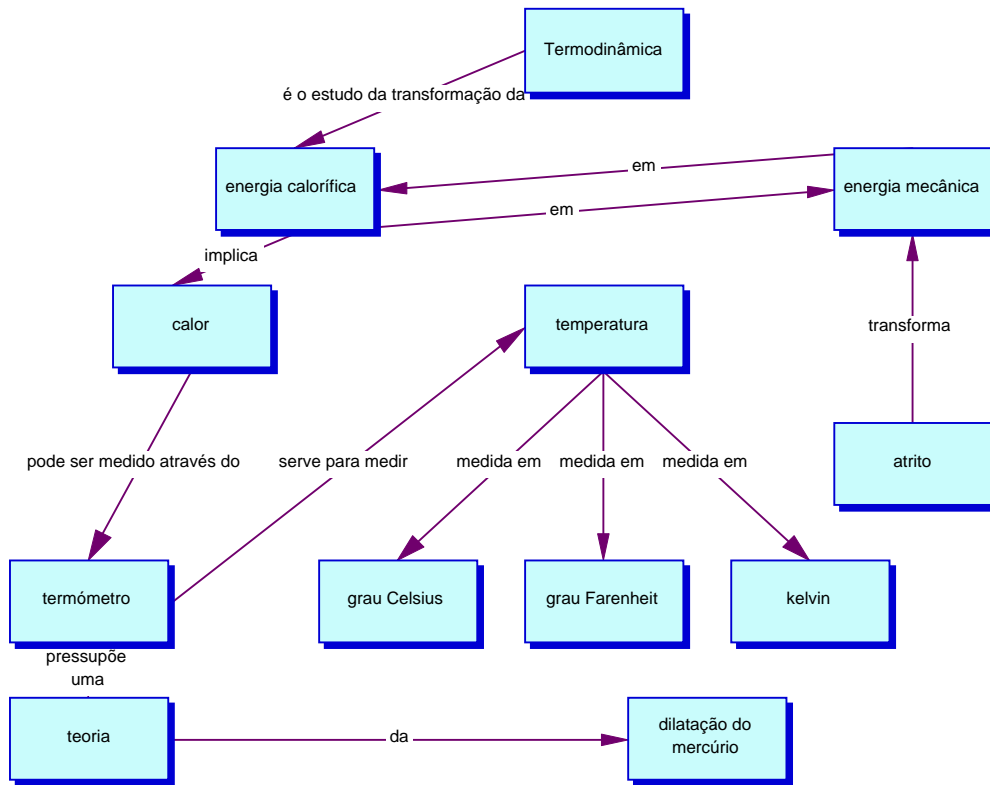
## Referências

- Ausubel, D.; Novak, J.; Hanesian, H.** (1980) , *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, Ed. Interamericana.
- Brooks, J.; Brooks, M.** (1999). *In Search of Understanding – The Case for Constructivist Classrooms* (revised edition). <http://www.ascd.org/readingroom/books/brooks99book.html>.
- Cachapuz, A. ; Praia, J.; Jorge, M.** (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. In Temas de Investigação. Lisboa. Ministério da Educação.
- Caraça, B.** (1975). *Conceitos Fundamentais da Matemática*. Lisboa: Ed. Biblioteca Cosmos.
- Crowther, D.** (1997). *Editorial: The Constructivist Zone*. Electronic Journal of Science Education. Vol 2, Nº 2. <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejsev2n2ed.html>
- Cunningham, D., Duffy, T.M. & Knuth, R.** (1993) - *Textbook of the Future*. In C. McKnight (Ed.). *Hypertext: A psychological perspective*. London, Howood Pubs.
- Dougiamas, M.** (1998). *A Journey into Constructivism*. [martin@dougiamas.com](mailto:martin@dougiamas.com)
- Dourado, L.** (2001). *Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos*. Lisboa. Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.
- Frade, G.** (2000). *Actividades experimentais assistidas por computador – dissertação de mestrado*. Lisboa: Universidade Aberta
- Harper, B.; Hedberg, J.** (1997). *Creating Motivating Interactive Learning Environments: a Constructivist View*. <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth97/papers/Harper/Harper.html>
- Hessen, J.** (1987). *Teoria do Conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editora.
- Knorr-Cetina, K.** (1981). *The manufacturer of knowledge*. Pergamon Press.
- Jonassen, D.** (1994). *Thinking Technology: Toward a constructivist design model*. Educational Technology, 34(3), pp. 34-37.
- Jonassen, D. & Tessmer, M.** (1996/7). *An Outcomes-Based Taxonomy for Instructional Systems Design, Evaluation and Research*. *Training Research Journal*, 2.
- Kosinski, R.** (1993). *Investigative Learning: A Plan for Laboratory Education*. <http://www.ed.gov/offices/OPE/FIPSE/LessonsII/clemson1.html>.
- Lorenz K.** (1999). *Intuição e Formalism*. In A ciência tal qual se faz, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Mintzes, J., Wandersee, J. E Novak, J.** (2000). *Ensinando A Ciência Para A Compreensão*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Plátano Universitária.
- Morgado, L.** (2005). *Jean Piaget: Um pedagogo?* In Psicologia da Educação- Temas de Desenvolvimento, Aprendizagem e Ensino. Lisboa: Relógio de Água.
- Novak, J.** (1993). *Human Constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making*. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167-193.
- Pedrosa, M.; Mateus, A.** (2000). *Perspectivas subjacentes ao “Programa de Formação no Ensino Experimental das Ciências”*. In Ensino Experimental das Ciências – Concepção e concretização das acções de formação. Lisboa: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.
- Piaget, J.** (1976). *Psicologia e Epistemologia. Para uma Teoria do Conhecimento*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Savery, J. & Duffy, T.** (1995) . *Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework*. Educational Technology, 35(5), pp. 31-38
- Trowbridge L. W. & Bybee, R. W.** (1990). *Becoming a Secondary School Science Teacher*. Fifth Edition. New York: Macmillan Publishing Company.
- Valadares, J.** (1988). *Avaliação educativa: perspectiva histórica e perspectiva actual*. Palestra Promovida no Forum Picoas.
- Valadares, J.** (1995). *Concepções Alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência*, Vol.s 1 e 2. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Aberta.
- Valadares, J.; Graça, M.** (1998). *Avaliando para melhorar a aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Plátano Universitária.
- Valadares, J.** (1999). *O Vê de Gowin: um instrumento poderoso de construção conceptual*. Comunicação ao VII Encontro Nacional - Educação em Ciências que decorreu na Universidade do Algarve.
- Valadares, J.** (2000). *A importância epistemológica e educacional do Vê do conhecimento*. Actas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Lisboa: Universidade Aberta
- Verissimo, A.; Ribeiro, R.** (2000). *A mina de S. Domingos como objecto de estudo*. In Ensino Experimental das Ciências – Concepção e concretização das acções de formação. Lisboa: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário.

## APÊNDICE I



## APÊNDICE II



## APÊNDICE III

