

**NOVAS TECNOLOGIAS E MUDANÇA CONCEPTUAL EM
CIÊNCIAS: Resultados de um estudo piloto no tópico
"actividade enzimática"**

José Luís de Jesus Coelho da Silva
Escola Secundária da Póvoa de Lanhoso

Vive-se actualmente uma era em que os computadores fazem parte integrante do nosso dia-a-dia. A escola não fica imune a esta "revolução tecnológica" que veio suscitar algumas preocupações, relativamente à sua influência no ensino em geral e no ensino das Ciências em particular, mas também grandes expectativas (Teodoro, 1987). Longe de se assistir ao fim do laboratório tradicional, como era preconizado por alguns (Crovello, 1982), assiste-se à proliferação de uma instrumentação assistida por computador que permite nomeadamente o controlo e aquisição de dados experimentais em tempo real (Teodoro, 1987; Melo et al, 1987; Freitas, 1991). Esta nova potencialidade de utilização do computador no laboratório de Ciências surge nas escolas portuguesas de ensino não superior, em 1992, através do Projecto MINERVA com a designação de Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados (SATD).

A definição de trabalhos laboratoriais possíveis de execução com recurso a este equipamento passou, desde então, a constituir preocupação de alguns professores de Ciências. São disso prova a realização do I e II Seminários de Aquisição e Tratamento de Dados em Ciências (respectivamente em Janeiro/1993 - Pólo da Universidade do Minho do Projecto MINERVA - e Junho/1993 - Pólo da Universidade do Porto do Projecto MINERVA) cujo objectivo foi a troca de experiências de alguns professores ligados ao projecto MINERVA e que se tinham iniciado na exploração do SATD. Salienta-se, também, a publicação no mesmo ano de dois livros

(Cardoso, 1993; Peixoto et al. 1993) onde se encontram inseridas actividades laboratoriais com recurso ao referido equipamento.

Sugestões para a exploração do SATD no laboratório parece já não constituir, neste momento, novidade no ensino das Ciências. Mas a questão que se levanta, na nossa perspectiva, é se a sua exploração na sala de aula não terá de incluir a avaliação da sua eficácia em termos de aprendizagem dos alunos.

A resposta a esta questão passa claramente pela realização de trabalhos de investigação com este objectivo. Neste domínio, ainda bastante deficitário, foram realizados alguns estudos no estrangeiro (ex: Reiner & Finegold, 1987; Friedler, Nachmias & Linn, 1990; Nakhleh & Krajcik, 1993; Settlage, 1993) e nele se insere também o trabalho realizado em Portugal por Bettencourt (1994), no âmbito da Biologia, onde se analisaram quer os efeitos da utilização deste equipamento em aspectos dos domínios cognitivo e afectivo do processo ensino/aprendizagem, quer as formas organizacionais das aulas que permitem a sua optimização. Tendo em conta a situação anteriormente apresentada, pareceu-nos relevante desenvolver um trabalho* num tópico de Biologia em que o SATD fosse utilizado em situação real de sala de aula segundo um modelo de mudança conceptual, de acordo com um paradigma construtivista.

Objectivo do trabalho

Definiu-se, assim, como objectivo investigar até que ponto a utilização do Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados, no ensino/aprendizagem do tópico "actividade enzimática", pode ser facilitador da mudança conceptual dos alunos, ao permitir:

- A aquisição de dados em tempo real;
- Um maior período de tempo para a reflexão e discussão dos mesmos.

O equipamento SATD e algumas das suas potencialidades educativas

O Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados é constituído por um conjunto de componentes complementares ao computador que permitem a medição de várias grandezas físicas e a sua transferência para o computador, visualizando-se a sua representação de um modo gráfico ou numérico. Os componentes são a interface universal e uma gama variada de sensores (temperatura, pH, oxigénio, luz, etc.).

Na figura 1 apresentam-se alguns componentes do SATD, aqueles que foram necessários para desenvolver as actividades laboratoriais relacionadas com a "actividade enzimática".

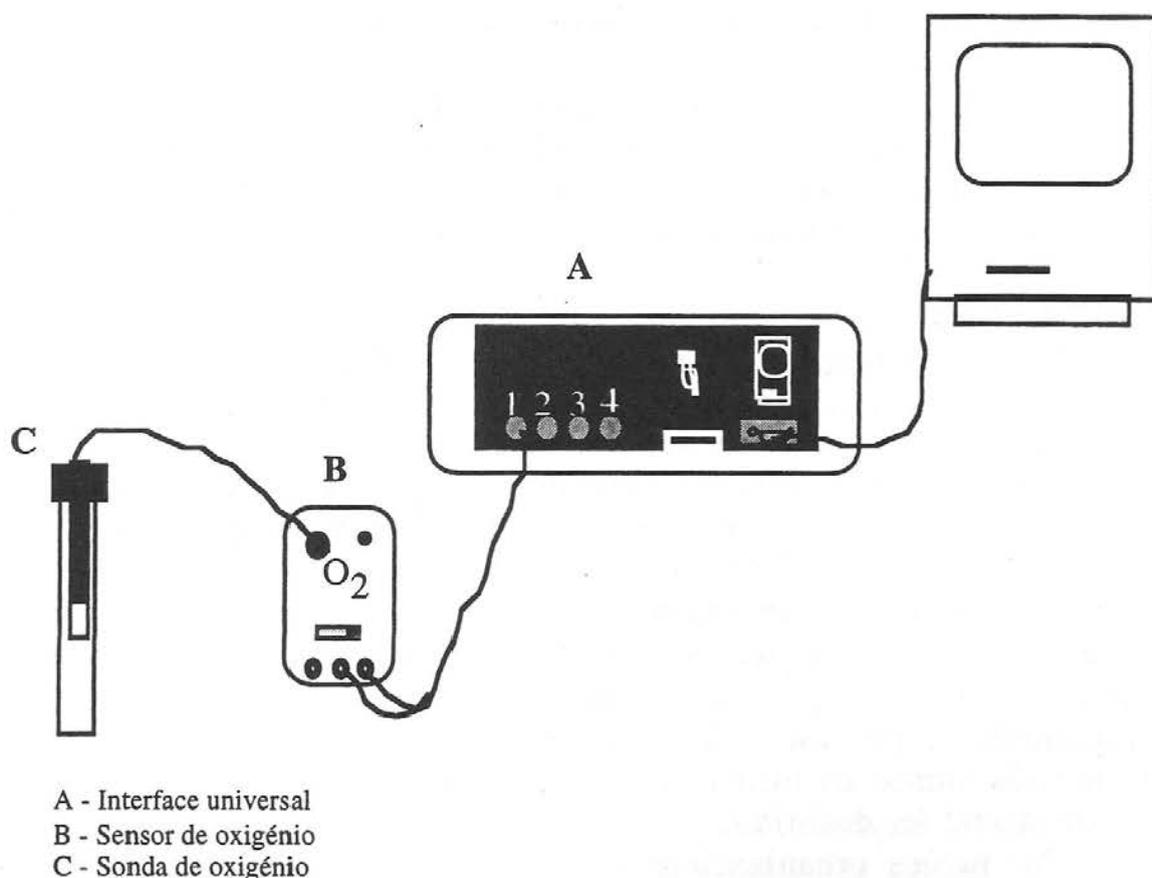


Figura 1: Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados.

Neste estudo foram utilizados sensores Blue Box, uma vez que apresentam maior fiabilidade do que um outro tipo de sensores disponível - First Sense - e porque estão indicados para alunos do Ensino Secundário (Frost, 1993). O software utilizado foi o Datadisc PP, pois é próprio para alunos com idades superiores a 14 anos (Frost, 1993), e porque apresenta as várias opções necessárias para o seu funcionamento de uma forma sequencial, o que facilita o trabalho de alunos que não têm qualquer prática de utilização de computadores.

Vários autores têm acentuado as potencialidades da introdução do SATD no laboratório de ciências, chamando a atenção para algumas das suas vantagens (Barton, 1991; Freitas, 1991; Frost, 1993; entre outros), nomeadamente:

- Permitir a aquisição de dados em tempo real, isto é, o acesso imediato à representação abstracta (gráfico) de algo concreto (experiência);

- Permitir que o aluno se aperceba durante a experiência, dos efeitos da variável que ele próprio introduziu;
- Facilitar, devido ao "feedback imediato", a análise de novos resultados;
- Possibilitar, em virtude da redução do tempo gasto na recolha de dados, uma maior disponibilidade de tempo para prever resultados, reflectir e discutir aspectos relacionados com a actividade experimental desenvolvida.

Amostra

Esta investigação teve como população alvo alunos do 10º ano de escolaridade de Ciências da Terra e da Vida, uma vez que o tópico de Biologia escolhido faz parte do currículo desse ano. A amostra inicial era constituída por 46 alunos de uma Escola Secundária do Distrito de Braga, integrados em duas turmas. Uma delas constituiu a turma controlo (22 alunos) e a outra a turma experimental (24 alunos). Para efeitos de análise de dados foram considerados apenas 18 alunos da turma controlo e 20 da turma experimental, dado que os restantes tiveram que ser eliminados em virtude de não terem respondido ao pré-teste (quatro alunos da turma controlo) ou ao pós-teste (três alunos da turma experimental) e ainda um aluno da turma experimental ter desistido.

Por razões organizacionais da escola, o investigador não teve qualquer influência na distribuição dos alunos pelas turmas.

Para a definição da turma controlo e da turma experimental não foi seguido qualquer critério.

Descrição do estudo

O estudo incluiu três fases.

Na primeira fase foi aplicado um pré-teste para identificação das concepções que os alunos já possuíam relativamente ao tópico - Enzimas/Actividade Enzimática. Neste questionário solicitava-se aos alunos que explicitassem o seu conhecimento relativamente ao conceito de enzima, ao seu papel/função, aos mecanismos de actuação e à sua importância nos organismos vivos.

A segunda fase consistiu no desenvolvimento da respectiva sequência de ensino, na qual se procurou implementar em ambas as turmas um modelo de mudança conceptual. Mas, enquanto que a turma controlo utilizou equipamento tradicional (cronómetro, lápis, papel, etc.) para a recolha de dados e sua representação em gráfico, a turma experimental utilizou o SATD para o mesmo fim.

As actividades laboratoriais focaram os seguintes problemas:

- Qual a acção do fígado sobre o peróxido de hidrogénio?

- Qual a influência da temperatura na acção da catalase?

A exploração destas actividades foi acompanhada por protocolos experimentais que se distinguem dos protocolos tradicionais na medida em que os alunos eram incitados a explicitarem o conhecimento prévio que possuíam relativamente aos assuntos em causa, a tomarem consciência desse conhecimento, a discutirem as diferentes ideias ao longo do desenvolvimento da actividade experimental, a reflectirem sobre os procedimentos utilizados e os resultados obtidos confrontando-os ainda com os previstos.

A terceira fase consistiu na aplicação do pós-teste com o objectivo de, por comparação com as respostas dadas no pré-teste, identificar e analisar em que medida o SATD constitui um agente facilitador da mudança conceptual.

Alguns resultados

A análise de resultados encontra-se ainda numa fase incipiente pelo que houve apenas a preocupação de efectuar uma categorização das respostas de modo a obter-se um indicador de natureza qualitativa relativamente aos conceitos em causa. Não se pretendeu distinguir, neste momento, entre respostas cientificamente aceites e respostas cientificamente não aceites.

Dadas as limitações inerentes a esta comunicação, apresenta-se apenas os resultados respeitantes a duas questões do questionário (utilizado como pré e pós-teste).

O quadro 1 diz respeito aos resultados obtidos para a questão - Diz o que entendes por enzima - onde se incluem as categorias consideradas tendo em atenção a natureza das respostas obtidas, bem como alguns exemplos de respostas incluídas em cada uma delas.

A análise do quadro 1 mostra que, antes do ensino, predominam as ideias de enzima como:

- Substância responsável pela transformação de algo complexo em mais simples;
- Substância que existe no organismo humano;
- Substância que facilita a digestão.

Estas ideias, que aparecem normalmente separadas e mais raramente ligadas, são comuns quer aos alunos da turma controlo quer aos da turma experimental.

Quadro 1
Concepções de enzima perfilhadas pelos alunos

CATEGORIA	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
1 - Referência a funções das enzimas no organismo.	<ul style="list-style-type: none"> * Consiste na separação de moléculas em moléculas mais simples. * Substância que actua sobre as proteínas tornando-as mais simples (dividindo-as em aminoácidos). 	* Substância que acelera ou atrasa as reacções.
2 - Referência à natureza / constituição das enzimas.	* É uma proteína.	* Substância química produzida por seres vivos.
3 - Referência a funções e à natureza / constituição das enzimas. (1+2)	<ul style="list-style-type: none"> * Junção de substâncias que regulam o nosso organismo. * São substâncias líquidas que ajudam o nosso organismo, por exemplo, ajudam a fazer a digestão. * São compostos químicos que actuam na digestão. * São compostos químicos que actuam sobre as proteínas tornando-as mais simples. * Actuam nos compostos orgânicos. Enzimas são tipo de proteínas. 	<ul style="list-style-type: none"> * É uma substância produzida pelas células vivas, tem a capacidade de aumentar ou diminuir a velocidade de uma reacção. É uma proteína, não se gasta nas reacções. * É um catalisador biológico (produzido por seres vivos), isto é, uma substância que acelera determinadas reacções químicas diminuindo o valor da energia mínima que a reacção necessita para ocorrer. * É uma proteína de composto quaternário (C, H, O, N) e apresenta uma estrutura terciária. Actua como catalisador biológico, ou seja, acelera ou diminui a velocidade de uma reacção.
4 - Referência às enzimas como substâncias constituintes do organismo humano.	<ul style="list-style-type: none"> * É uma substância que existe no nosso organismo. * Enzimas ocorrem no nosso organismo. 	
5 - Referência a funções e à natureza / constituição das enzimas e referência às enzimas como substâncias constituintes do organismo humano. (3+4)	<ul style="list-style-type: none"> * As enzimas estão presentes no organismo humano e ajudam na digestão. São substâncias compostas (estão relacionadas com aminoácidos, substâncias orgânicas e inorgânicas). * É uma substância que constitui a saliva, ajuda na digestão, com as suas características ácidas ajuda a transformar os alimentos numa pasta alimentar. * São substâncias contidas no nosso corpo que contribuem para uma melhor absorção dos alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> * É um catalisador biológico pois é produzido por células vivas, acelera ou diminui a velocidade de uma reacção, diminuindo ou aumentando a energia de activação (energia mínima para que a reacção se dê). A enzima encontra-se no nosso corpo. É uma proteína. * São compostos orgânicos proteicos que desempenham o papel de biocatalisadores nas reacções químicas dos seres vivos, não se gastam, estão sob a forma de catalase na constituição do organismo humano.
6 - Respostas não incluídas nas categorias anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> * Não respondeu. * As enzimas actuam com os substratos e onde há troca de substâncias. * As enzimas têm grande importância no nosso organismo. 	

Na situação pós-ensino observa-se uma diferença significativa na qualidade das respostas, tanto no que diz respeito à terminologia utilizada (ex: aparecem termos como catalisador biológico, energia mínima, composto quaternário) como aos conceitos envolvidos. A ideia predominante para definir enzima parece agora estar relacionada com a noção química de "proteína" e de "catalisador", aparecendo normalmente associados e em algumas situações explicitados, e com noções biológicas como as de "seres vivos" e "células vivas".

Constata-se ainda uma diminuição, do pré-teste para o pós-teste, do número de categorias centrando-se as respostas essencialmente nas categorias 3 (Referência a funções e à natureza/constituição das enzimas) e 5 (Referência a funções e à natureza/constituição das enzimas e referência às enzimas como substâncias constituintes do organismo humano) que abarcam um maior número de conceitos.

A segunda questão que iremos analisar refere-se aos mecanismos que estão na base do papel/função das enzimas. Os resultados obtidos estão expressos no quadro 2 através da apresentação das diversas categorias e de exemplos de respostas para cada uma delas.

O quadro 2 mostra que, antes do ensino, a maioria dos alunos não faz referência a um possível mecanismo de actuação enzimática mas salientam novamente o papel/função das enzimas, já explicitado na questão 1.

Outros alunos referem a associação das enzimas a nutrientes de modo a transformarem algo complexo em mais simples. No entanto, não explicitam o modo como ocorre essa união.

Uma menor percentagem aponta como possível mecanismo a associação a uma substância ou substrato mas sem explicitarem o significado desses termos, bem como os processos intervenientes nessa associação.

Na situação pós-ensino verifica-se, tal como na primeira questão, quer respostas com um maior grau de desenvolvimento em que já é utilizada uma linguagem recorrendo a uma terminologia científica, quer novas categorias que dizem respeito à influência da temperatura e a um possível mecanismo de actividade enzimática.

Nesta última categoria, aparecem referências aos mecanismos de Fisher e/ou de Koshland recorrendo, na maior parte dos casos, respectivamente às metáforas chave/fechadura e mão/luva.

Resumindo, a análise global da natureza das respostas obtidas nas situações de pré-teste e pós-teste parece permitir inferir uma mudança qualitativa significativa no pensamento dos alunos como resultado do ensino. Isto verifica-se tanto na turma experimental como na turma controlo.

Quadro 2
Explicação dos mecanismos que estão na base
do papel/função das enzimas

CATEGORIA	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
<p>1 - Referência a funções das enzimas no organismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Transportam matéria até ao nosso organismo utilizando, por exemplo, a saliva. * Desdobram e simplificam os compostos que entram na digestão. * Constituem a saliva e esta ajuda, com as suas características ácidas, a transformar os alimentos em pasta alimentar. * Segregando substâncias químicas e produzindo substâncias que vão acelerar as reacções químicas. * Função de regular o sangue e ter uma função reguladora da circulação do organismo. 	<ul style="list-style-type: none"> * Os mecanismos são as acções químicas que ocorrem no nosso organismo e em que as enzimas actuam para que a reacção química ocorra mais rapidamente ou mais lentamente sobre a reacção. * As enzimas diminuem a energia de activação que é a energia mínima necessária para que ocorra o choque entre as partículas, logo aumentam a velocidade da reacção. Ajudam na decomposição de certas substâncias aumentando assim a velocidade da reacção de decomposição. * O mecanismo das enzimas é a diminuição de energia de activação e decompõe a água oxigenada aumentando assim a velocidade de decomposição.
<p>2 - Referência a um mecanismo como associação de substâncias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Enzima / substrato. * Através da junção de substâncias forma-se uma enzima. * Encaixe Enzima/Substância. 	<ul style="list-style-type: none"> * As enzimas actuam só num certo substrato através do seu centro activo (enzima-substrato). * São o complexo ES, ou seja, o substrato encaixa na enzima, o local denomina-se centro activo, por isso o local já tem estrutura adequada para o substrato. Cada substrato só encaixa numa determinada enzima. * A enzima mais o substrato originam enzima-substrato. No fim dão origem a produto mais enzima, ou seja, a enzima liberta-se do produto ficando livre para actuar sobre o mesmo tipo de substrato.
<p>3 - Referência a funções das enzimas no organismo e à associação a algumas substâncias. (1+2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Cada enzima tem uma característica especial que a leva a associar-se apenas a um tipo de nutrientes. Dividem os nutrientes em moléculas mais pequenas e durante a reacção não se destroem podendo em seguida associarem-se a outra molécula do mesmo nutriente e dividi-lo. * Degradam os alimentos em partículas mais pequenas para que possam os nutrientes passar para o sangue. Há enzimas cujo mecanismo é manter um meio não ácido ou seja destroem a acidez. Cada enzima vai actuar num determinado nutriente. 	<ul style="list-style-type: none"> * A enzima para acelerar a reacção vai-se ligar ao substrato através do centro activo e diminui assim a energia de activação necessária para que a reacção ocorra. * No organismo humano existem substâncias que cabe às enzimas destruir, as enzimas actuam unindo-se aos substratos e destruindo as ligações moleculares dos componentes dessa substância. * As enzimas aceleram a velocidade de uma reacção. A enzima encaixa no substrato fazendo uma enzima-substrato que vai formar uma enzima e um produto. A enzima actua até ao momento em que os centros activos já estão todos ocupados fazendo com que a partir daí a velocidade se mantenha.

Quadro 2 (Continuação)

CATEGORIA	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
4 - Referência à natureza/função das enzimas.		* As enzimas além de serem uma substância biológica têm substâncias semelhantes às dos catalisadores químicos. Portanto, podemos dizer que as enzimas são catalisadores.
5 - Referência à influência de factores físicos na actividade enzimática		* A temperaturas negativas não actuam, inactivam-se, retomando a temperatura ficam activas. A altas temperaturas são destruídas, desorganização da estrutura terciária. * As enzimas desenvolvem a sua actividade enzimática a temperaturas adequadas (entre os 0 °C e 45 °C). A temperaturas muito baixas (< 0 °C) a enzima fica inactiva. A temperaturas muito elevadas (> 45 °C) a enzima destrói-se.
6 - Referência aos mecanismos.		* Mecanismo de Fisher que pode ser explicado através da metáfora chave-fechadura - como só uma chave abre uma fechadura também só uma enzima actua sobre um substrato. Mecanismo de Koshland - metáfora mão-luva - quando calçamos uma luva esta ganha a forma da mão, também a enzima quando em contacto com o substrato muda a sua forma de modo a encaixar no substrato. * Os mecanismos que estão na base do papel das enzimas é que a enzima liga-se a um só substrato, isto é, uma enzima encaixa-se só num substrato. E também há um modelo mão-luva em que a enzima ao encaixar-se num substrato altera-se. * As enzimas actuam nos substratos que são: a chave-fechadura que é o encaixe das enzimas no substrato, no centro activo. O modelo mão-luva que é a luva que se adapta ao modelo.
7 - Respostas não incluídas nas categorias anteriores.	* São as reacções químicas. * É a separação das proteínas, umas para um lado e outras para outro, andando de um lado para o outro. * Não respondeu. * Não considerado.	* Não respondeu.

Conclusões

Este trabalho encontra-se numa fase em que não é fácil tirar conclusões que possam dar resposta à hipótese de trabalho. No entanto, da análise qualitativa dos dados anteriormente apresentados parece poder inferir-se a inexistência de diferenças significativas entre a turma controlo e a turma experimental o que conduzirá à não

comprovação da hipótese de trabalho. Algumas explicações poderemos sugerir para este facto e que assentam nos seguintes aspectos:

- Motivação dos alunos;
- Natureza das actividades laboratoriais realizadas;
- Metodologia de ensino seguida.

Relativamente ao primeiro aspecto pensamos poder afirmar que o entusiasmo dos alunos quer da turma controlo quer da turma experimental foi semelhante. Notou-se um envolvimento efectivo tanto na realização das actividades laboratoriais como na sua análise.

As actividades laboratoriais constavam da reacção entre o peróxido de hidrogénio e uma substância que o ía decompor, libertando-se oxigénio. A visualização da ocorrência da reacção era igual tanto num caso como no outro. A produção de oxigénio, embora seja rapidamente contabilizada pelo computador, é facilmente visível na tecnologia tradicional pois ascende rapidamente ao longo da bureta permitindo uma leitura fácil e tornando a experiência motivadora.

Em suma, a facilidade de execução e a visibilidade de resultados das actividades laboratoriais aplicadas no estudo poderão constituir os factores responsáveis pela não diferença entre as duas turmas.

Parece-nos, ainda, de acentuar o papel da metodologia de ensino que ao incentivar a explicitação e análise das ideias dos alunos, a sua testagem, a interpretação do procedimento experimental, a análise e confronto de resultados obtidos poderá ter criado condições facilitadoras da mudança conceptual em ambas as turmas.

Embora os resultados deste estudo possam apontar para o facto de que o SATD não conduziu mais facilmente à mudança conceptual, relativamente à tecnologia tradicional, pensamos que em situações de difícil execução experimental poderá ter um papel mais preponderante tirando-se assim partido das suas potencialidades.

Consideramos também que será fundamental que o professor ao definir estratégias de ensino, seja qual for a tecnologia que utilize, tenha em conta as concepções alternativas dos alunos com o objectivo de promover a mudança conceptual e seguir uma prática de ensino construtivista. Estamos convictos de que a implementação de estratégias estruturadas deste modo poderá conduzir a uma melhoria do processo ensino/aprendizagem.

Nota

- * Projecto subsidiado pelo IIE

Referências

- Barton, R. (1991). Practical science with computers. *Computer Education*, 67, 6-7.
- Bettencourt, T. (1994). *Um estudo sobre a utilização de um Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados no laboratório de Biologia no ensino secundário*. Tese de Mestrado (Não publicada). Universidade do Minho.
- Cardoso, A. (1993). *A Centralidade do Trabalho Laboratorial nos Novos Programas de Química*. Lisboa: Plátano Editora.
- Crovello, T. (1982). Computers in biological education. *The American Biology Teacher*, 44(8), 476-483.
- Freitas, J. (1991). As novas tecnologias da informação no ensino/aprendizagem da Biologia. In M. Oliveira (1991). *Didáctica da Biologia*. Lisboa: Universidade Aberta, 191-228.
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. (1990). Learning scientific reasoning skills in Microcomputer-Based Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 173-191.
- Frost, R. (1993). *The IT in Science book of Datalogging and Control - A compendium of ideas for using sensors and control technology in science*. Hatfield: Association for Science Education.
- Melo, A. et al (1987). Laboratório de mecânica assistido por computador. *Gazeta de Física*, 10(1), 10-18.
- Nakhleh, M. & Krajcik, J. (1993). A protocol-analysis of the influence of technology on students' actions, verbal commentary, and thought processes during the performance of acid-base titrations. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1149-1168.
- Peixoto, A. et al (1993). *Ciências Físico-Químicas - Manual de actividades de Química - 10º ano*. Porto: Porto Editora.
- Reiner, M. & Finegold, M. (1987). Changing students' explanatory frameworks concerning the nature of light using real time computer analysis of laboratory experiments and computerized simulations of e. m. radiation. In *Proceedings of the Second International Seminar - Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, vol. II. Ithaca: Cornell University.
- Settlage, J. (1993). Microcomputer Based Labs and their influence upon students' conceptions of light. In *Proceedings of The Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Misconceptions Trust.
- Teodoro, V. (1987). Modalidades de utilização de computadores no ensino das ciências. In *Actas do I Encontro sobre Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 313-318.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA COMPLETA

COELHO DA SILVA, José Luís (1997). Novas Tecnologias e Mudança Conceptual em Ciências: Resultados de um estudo piloto no tópico “actividade enzimática”. In L. Leite et al. (Orgs.), *Didácticas/Metodologias da Educação* (pp. 117-127). Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação da Universidade do Minho.