

A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS

José Luís de Jesus Coelho da SILVA

Universidade do Minho

INTRODUÇÃO

É sabido que os manuais escolares norteiam a actividade dos professores e constituem ainda a principal fonte de acesso à Ciência para muitos alunos (Brigas, 1997; Teixeira et al., 1999; Santos, 2001). Dado o estatuto que ocupam, defende-se que assentem em pressupostos e princípios facilitadores de um ensino concordante com uma perspectiva construtivista e por mudança conceptual. Esta perspectiva implica uma concepção de manual escolar centrada no aluno, conferindo-lhe um elevado grau de responsabilidade no processo de ensino-aprendizagem, e atribuindo ao professor o papel de facilitador desse processo. A promoção, pelo manual escolar, da consciencialização do aluno do modo como se processa a sua aprendizagem é fundamental a uma aprendizagem significativa. Paralelamente à construção de conceitos, de princípios, de teorias e ao desenvolvimento de técnicas de manipulação e de capacidades de interpretação, os manuais escolares assumem um papel fulcral na construção de um conceito de ciência, incluindo as dimensões ética e atitudinal.

Vários aspectos podem ser objecto de análise com o intuito de avaliar o papel dos manuais escolares enquanto um elemento interveniente na construção do conhecimento científico e de avaliar o grau de coerência dos manuais escolares com a perspectiva defendida. São eles:

1) Introdução/Nota de abertura (perspectiva de ensino-aprendizagem e perspectiva de Ciência)

2) Organização sequencial dos conteúdos

3) Desenvolvimento do conteúdo científico

* Erros, omissões, ambiguidades, analogias, significado de termos num contexto do dia-a-dia e num contexto científico; Nível de formulação; Análise dos conceitos inerentes às concepções alternativas; Interpretação de situações do dia-a-dia; Interpretação de expressões de uso corrente, de crenças e de informação veiculada pelos *mass media*; História da Ciência; Natureza da Ciência.

4) Actividades de Aprendizagem (actividades de lápis e papel (Silva, 2000) e actividades laboratoriais (Coelho da Silva & Leite, 1997; Silva, 2000)).

A análise de alguns exemplos ilustrativos destes aspectos nos manuais escolares de Biologia e Geologia, a presença nestes manuais de assuntos da área de Física e Química e a presença, nos manuais escolares desta última área, de assuntos de Biologia, permite ilustrar como os manuais podem dificultar ou facilitar a aprendizagem dos alunos.

METODOLOGIA

AMOSTRA

Os manuais escolares analisados pertencem às áreas da Química e da Biologia. A identificação dos tópicos científicos abordados em manuais escolares da área da Química

mostrou que o tópico “Fotossíntese”, da área da Biologia, está presente em manuais escolares de Ciências Físico-Químicas do 8º ano de escolaridade. Por este motivo, seleccionaram-se os 8 manuais escolares dessa disciplina e desse ano de escolaridade para constituir a amostra. A presença desse tópico em apenas um manual escolar dessa mesma disciplina, mas do 9º ano de escolaridade, fez com que este fosse integrado também na amostra.

A escolha do tópico “Fotossíntese” como base para a selecção dos manuais escolares da área da Química residiu nos seguintes argumentos:

a) A existência nos alunos de várias concepções alternativas, bem como a sua persistência em diferentes graus de ensino, conforme já assinalado em investigações anteriores (Silva, 1996).

b) A fotossíntese é um processo metabólico de importância relevante dado o seu papel fulcral na vida no planeta Terra. Intervém no ciclo do carbono, nas cadeias e teias alimentares, na circulação da matéria e no fluxo de energia nos ecossistemas.

c) É um dos temas da Biologia de interesse do autor deste trabalho.

Nos manuais escolares seleccionados de Ciências Físico-Químicas, identificaram-se ainda os seguintes tópicos da área da Biologia: Catalisadores/Enzimas; Composição química do ar inspirado e do ar expirado; Constituição química do corpo humano.

A dificuldade em encontrar um tópico científico característico da área da Química em manuais escolares da área da Biologia obrigou a seleccionar aleatoriamente alguns manuais escolares desta última área. No entanto, teve-se o cuidado de seleccionar alguns manuais escolares da área da Biologia que abordassem alguns dos tópicos analisados nos manuais escolares de Ciências Físico-Químicas, permitindo assim estabelecer alguma comparação entre os manuais escolares das duas áreas do saber. De acordo com este critério, foram seleccionados seis manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano de escolaridade. Inclui-se ainda na amostra um manual escolar de Técnicas Laboratoriais de Biologia (Bloco I) para exemplificar a forma como dados obtidos laboratorialmente no tópico “Fotossíntese” podem induzir concepções alternativas e quatro manuais escolares de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano de escolaridade, em virtude de abordarem um conceito proveniente da área da Química – “reações exoenergéticas e endoenergéticas”.

A amostra é assim constituída por um total de 20 manuais escolares distribuídos da seguinte forma: Ciências Físico-Químicas - oito do 8º ano de escolaridade e um do 9º ano de escolaridade; Ciências Naturais – seis do 8º ano de escolaridade; Técnicas Laboratoriais de Biologia (Bloco I) – um manual; Ciências da Terra e da Vida – quatro do 11º ano de escolaridade. No anexo 1 apresenta-se a referência bibliográfica destes manuais escolares.

RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS

Neste trabalho, far-se-á uma análise da explicitação, pelos manuais escolares, dos tópicos científicos atrás mencionados, através do desenvolvimento do conteúdo científico e de algumas actividades de aprendizagem. Centrar-se-á na análise de erros, omissões, ambiguidades e analogias que poderão induzir concepções alternativas. Recorrer-se-á, para o efeito, à técnica de análise qualitativa do conteúdo.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Os resultados da análise dos manuais escolares serão apresentados de acordo com os tópicos científicos já mencionados: – Fotossíntese, – Catalisadores/Enzimas, – Composição química do ar inspirado e do ar expirado, – Composição química do corpo humano e – Reacções exoenergéticas/endoenergéticas e ATP (Adenosina trifosfato).

Fotossíntese

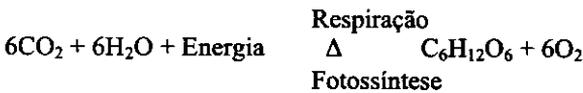
A análise dos 9 manuais escolares de Química permite constatar que apenas o manual escolar de Fernandes et al. (1999) não faz qualquer referência à fotossíntese. Os restantes manuais escolares abordam este tema como um exemplo ilustrativo da acção da luz na transformação de substâncias (8º ano de escolaridade) e como um exemplo de uma reacção de síntese de um açúcar (9º ano de escolaridade). Em todos eles o nível de formulação é diferente. Dois manuais escolares não apresentam qualquer equação da fotossíntese (Matos et al., 1999; Rodrigues & Dias, 1999), um apenas apresenta a equação através de fórmulas químicas (Coelho et al., 1999), três fazem-no apenas através de uma equação de palavras (Figueiredo & Mateus, 1999; Mendonça & Ramalho, 1999; Neves et al., 1999) enquanto que dois acrescentam ainda a equação através de fórmulas químicas (Caldeira et al., 1999; Fiolhais et al., 1999). Alguns manuais escolares acompanham a equação química da fotossíntese com uma leitura descritiva (Coelho et al., 1999; Neves et al. 1999; Rodrigues & Dias 1999) enquanto que outros acrescentam informação fundamental na medida em que clarificam a sua função primordial. Assim, os manuais escolares de Caldeira et al. (1999), Matos et al. (1999) e de Mendonça & Ramalho (1999) salientam o papel principal da fotossíntese ao referirem que as plantas fabricam o seu próprio alimento. Fiolhais et al. (1999) especifica que a fotossíntese “*é a principal reacção responsável pelo crescimento das plantas. Em especial, a glucose é a unidade constituinte das fibras de celulose das plantas*” (p. 107). Caldeira et al. (1999) e Figueiredo & Mateus (1999) também salientam a importância dos compostos orgânicos no desenvolvimento/crescimento das plantas. O primeiro refere ainda a dependência dos animais face às plantas na medida em que estas são produtoras do alimento necessário aos animais. Figueiredo & Mateus (1999) acrescenta ainda que “*as plantas produzem também oxigénio, indispensável para a respiração dos seres vivos*” (p. 66). Quanto a este produto secundário da fotossíntese – o oxigénio – o manual escolar de Fiolhais et al. (1999) alerta para que “*as plantas também necessitam de oxigénio para a respiração*” (p. 107), salientando assim que as plantas, para além da fotossíntese, realizam também a respiração.

Embora os aspectos explicitados pelos manuais escolares atrás referidos sejam cientificamente aceites (ver por ex: Raven & Johnson, 1999; Teixeira & Ricardo, 1993), existem em alguns desses manuais imagens, erros, analogias e omissões que induzem à criação de concepções alternativas.

A figura 80.1 (p. 80) do manual escolar de Mendonça & Ramalho (1999), embora legendada como “*Processo de fotossíntese representado esquematicamente*”, ilustra dois processos: a fotossíntese (representada através de duas setas ilustrativas, respectivamente, do consumo de dióxido de carbono e libertação de oxigénio pelas plantas) e a respiração (representada através de duas setas ilustrativas, respectivamente, do consumo de oxigénio e libertação de dióxido de carbono pelos animais). Assim, a ausência da especificação do nome do processo realizado pelos animais (respiração) poderá levar a pensar que a legenda

da figura diz respeito simultaneamente ao processo realizado pelos animais e ao processo realizado pelas plantas, induzindo, então, a ideia de que os animais realizam a fotossíntese como as plantas. A figura induz ainda a outras concepções alternativas, umas independentemente de se associar o processo realizado pelos animais à respiração e outras resultado dessa mesma associação. A ausência de setas ilustrativas do consumo de oxigénio e libertação de dióxido de carbono pelas plantas poderá induzir a ideia de que as plantas não realizam a respiração. As setas orientadas directamente da planta para os animais e dos animais para a planta poderão induzir, respectivamente, a ideia de que o oxigénio é produzido para ser imediatamente consumido pelos animais, e a ideia de que o dióxido de carbono é libertado pelos animais para ser consumido imediatamente pelas plantas. Será assim reforçada a ideia de que a respiração existe para que ocorra a fotossíntese e vice-versa. Esta ideia é também induzida pelos dois esquemas cíclicos que relacionam a fotossíntese e a respiração e pela equação química que traduz esses dois processos, apresentados na página 201 do manual escolar de Coelho et al. (1999). Esta ideia é reforçada pela afirmação “*A fotossíntese e a respiração são dois processos bioenergéticos complementares na natureza*”.

De acordo com esta equação química:



a respiração é a reacção inversa da fotossíntese quando esta ocorrência não se verifica.

As setas, da figura 80.1 (p. 80) do manual escolar de Mendonça & Ramalho (1999), induzem ainda a ideia de que a fotossíntese e a respiração são meros processos de trocas gasosas (na fotossíntese ocorre a troca de dióxido de carbono pelo oxigénio e na respiração ocorre a troca inversa). Esta ideia é também induzida pela primeira figura da página 145 do manual escolar de Caldeira et al. (1999), pelo facto de omitir a representação gráfica da produção de hidratos de carbono, conferindo assim um maior relevo aos gases intervenientes na fotossíntese. Decorrente desta ideia, a primeira figura atrás mencionada (Mendonça & Ramalho, 1999, p. 80) poderá induzir a ideia de que a fotossíntese é o inverso da respiração, e em última análise a ideia de que a fotossíntese é a respiração das plantas.

A figura 80.1, na página 80, do manual escolar de Mendonça & Ramalho (1999), para ser mantida no manual escolar propõe-se as seguintes alterações:

- substituição da actual legenda por «Representação esquemática do processo fotossintético (plantas) e da respiração (plantas e animais)»;
- manutenção das setas ilustrativas do consumo de oxigénio e da libertação de dióxido de carbono pelos animais e das setas ilustrativas do consumo de dióxido de carbono e da libertação de oxigénio pelas plantas mas ausência de ligação entre os animais e as plantas através delas;
- inclusão de uma seta representativa de alimento (ex: hidratos de carbono) a estabelecer a dependência dos animais face às plantas;
- inclusão de uma seta ilustrativa do consumo de oxigénio e de outra ilustrativa da libertação de dióxido de carbono pela planta para mostrar que as plantas tal como os animais realizam a respiração;
- inclusão de uma seta ilustrativa da formação de hidratos de carbono pela planta salientando-se assim o papel da planta enquanto produtora de substâncias orgânicas.

A legenda da figura da página 145 do manual escolar de Caldeira et al. (1999) “*De dia, a folha verde da planta recebe luz solar (energia), água e sais minerais (da seiva que sobe a partir da raiz) e dióxido de carbono (do ar). Em compensação, fornece oxigénio – que é a «fonte de vida». De noite ou no escuro, a folha respira, isto é, recebe energia e oxigénio e expõe dióxido de carbono e vapor de água, como os animais fazem durante as 24 horas do dia*” dá ênfase à produção de oxigénio, quando este é um produto secundário da reacção fotossintética. Afirmações deste tipo bem como a utilização frequente da quantidade de oxigénio libertado pela planta por unidade de tempo como indicador da taxa fotossintética nas actividades laboratoriais realizadas em Biologia reforçam a ideia da fotossíntese, como um processo de produção apenas de oxigénio, em detrimento do conceito primordial de fotossíntese - a construção do alimento pela própria planta. Esta legenda induz ainda a ideia de que a planta realiza a fotossíntese durante o dia e a respiração durante a noite, quando, de facto, este último processo ocorre durante as 24 horas do dia (de dia e de noite) tal como acontece nos animais. Esta concepção alternativa também poderá ser induzida através dos dados laboratoriais obtidos a partir de actividades laboratoriais do tipo «Experiências orientadas para a determinação do que acontece» sobre “Estudo da libertação de oxigénio (utilizando o computador)” proposta em um manual escolar de Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco I (Pinto et al., 1997, pp. 99-100). Nesta actividade, o aumento da quantidade de oxigénio libertado na presença de luz e a sua diminuição na ausência de luz poderá induzir o raciocínio de que enquanto há aumento da quantidade de oxigénio está a haver libertação de oxigénio e durante a diminuição da quantidade de oxigénio está a haver consumo de oxigénio. Assim, estaria a ocorrer respectivamente a fotossíntese (dia) e a respiração (noite). Este tipo de dados laboratoriais exige que sejam interpretados tendo em conta que a quantidade de oxigénio medida é o resultado de um saldo das taxas fotossintética e respiratória.

Associada à função de produção de oxigénio pelas plantas encontra-se a ideia das plantas como elementos purificadores do ar. Esta ideia é veiculada pelo manual escolar de Matos et al. (1997), ao estabelecer a analogia entre os jardins/as matas e os pulmões das cidades, pelo facto de as plantas consumirem dióxido de carbono e produzirem oxigénio. O mesmo acontece no manual escolar de Fiolhais et al. (1999) ao referir que “*as florestas da Amazónia, no Brasil, são consideradas o «pulmão» do planeta*” (p. 107). Estas afirmações, assim como na figura 80.1 do manual escolar de Mendonça & Ramalho (1999) a representação da seta do dióxido de carbono seguida da seta do oxigénio, induzem a ideia da transformação do dióxido de carbono em oxigénio, quando este é proveniente da decomposição da molécula da água, tal como especifica correctamente o manual escolar de Rodrigues & Dias (1999). A proveniência do oxigénio, na fotossíntese, a partir do dióxido de carbono, é também induzida pelo manual escolar de Figueiredo & Mateus (1999). Este manual escolar que neste assunto recorre à História da Ciência podendo ser utilizada para explorar o carácter dinâmico e temporal da Ciência, acaba por induzir a concepção alternativa atrás referida ao omitir as descobertas posteriores às de Jan Ingen-Hause. Limita-se a referir, que em 1877, esse cientista explicava a libertação de oxigénio pelas plantas em presença da luz e a ausência de libertação durante a obscuridade da seguinte forma “*O dióxido de carbono absorvido pelas plantas verdes é decomposto pela luz em oxigénio, que se liberta para a atmosfera, e em carbono, que fica retido na planta para dar origem a matéria orgânica*” (p. 66), levando assim os alunos a considerar esta explicação como sendo a actualmente aceite cientificamente. A concepção alternativa «o oxigénio, na fotossíntese, é proveniente

do dióxido de carbono», além de ser semelhante a modelos históricos da Ciência já ultrapassados, pode também ser induzida pela própria equação química da fotossíntese, dada a semelhança da representação do oxigénio nas fórmulas químicas do oxigénio e do dióxido de carbono. É de salientar que nenhum manual escolar de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano de escolaridade nem de Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco I, no tópico “Fotossíntese”, discute as razões pelas quais a própria equação química da fotossíntese pode ser indutora de concepções alternativas e que apenas tem utilidade enquanto resumo desse processo, embora a apresentem tal como fazem os manuais escolares da área de Química inicialmente enumerados.

Catalisadores/Enzimas

Um manual escolar de Ciências Físico-Químicas (Matos et al., 1997, p. 101) e dois manuais escolares de Ciências Naturais (Silva et al., 1999, p. 73; Sousa & Machado, 1999, p. 79) ilustram, através de uma figura, o mecanismo de actuação de um catalisador/enzima do tipo chave-fechadura ou de Fisher. A ausência de qualquer referência à possibilidade da actuação dos catalisadores através de outro mecanismo, nomeadamente o mecanismo de encaixe-induzido ou de Koshland, poderá conduzir à ideia de que os catalisadores/enzimas actuam apenas de acordo com o primeiro mecanismo referido.

Quatro manuais escolares de Ciências Naturais (Coelho et al., 1999a, pp. 41 e 51; Domingues et al., 2000, pp. 73 e 79; Motta & Viana, 1999, pp. 64-65; Silva et al., 1999, pp. 75 e 77) utilizam símbolos (tesoura - Coelho et al., 1999a, pp. 41 e 51 - e martelo - Motta & Viana, 1999, pp. 64-65), para representar as enzimas, que conduzem à ideia de corte de ligações químicas e consequentemente induzem a concepção alternativa «as enzimas são substâncias que transformam macromoléculas em micromoléculas».

Os manuais escolares de Coelho et al. (1999b), Sousa & Machado (1999) e Leite et al. (1999) referem que as enzimas são proteínas, excluindo assim a possibilidade da existência de outras substâncias com actividade catalítica que não sejam proteínas. Esta classificação química das enzimas é redutora pois como é referido por Solomon et al. (1996) e Raven & Johnson (1999) existem moléculas biológicas, que não são proteínas, com actividade catalítica como é o caso da RNA polimerase.

Composição química do ar inspirado e do ar expirado

A afirmação “o ar que expiramos é rico em dióxido de carbono” integrada em manuais escolares de Ciências Físico-Químicas (Caldeira et al., 1999, p. 48; Fernandes et al., 1999, p. 35) e o texto “como consequência destas trocas gasosas entre o ar dos alvéolos e o sangue, o ar alveolar fica pobre em oxigénio e rico em dióxido de carbono. De seguida é expirado para o exterior de modo a permitir nova inspiração de ar rico em oxigénio” integrado numa actividade de aprendizagem de lápis e papel do tipo «Construção do conhecimento», de um manual escolar de Ciências Naturais (Domingues et al., 2000, p. 145) poderão induzir a ideia de que o gás que existe em maior percentagem no ar expirado é o dióxido de carbono, quando na realidade, quer no ar inspirado quer no ar expirado, são o azoto e o oxigénio os gases predominantes (Ar inspirado: azoto – 79%, oxigénio – 20,9%, dióxido de carbono – 0,04%; Ar expirado: azoto - 79%, oxigénio – 14,0%, dióxido de carbono – 5,60% (Solomon et al., 1996, p. 969)). A referência à riqueza de um gás, no ar inspirado e no ar expirado, só faz sentido através da relação de comparação entre a composição desses dois tipos de ar. Assim, propõe-se a substituição da afirmação inicial por «o ar que expira-

mos apresenta uma percentagem de dióxido de carbono superior ao ar que inspiramos». É de mencionar ainda que os manuais escolares de Ciências Naturais de Domingues et al. (2000), Leite et al. (1999) e de Motta & Viana (1999) não apresentam nenhuma tabela comparativa da composição do ar inspirado e do ar expirado enquanto que os manuais escolares de Coelho et al. (1999a), de Silva et al. (1999) e de Sousa & Machado (1999) já a apresentam.

Constituição química do corpo humano

A divisão do corpo humano em secções e a respectiva correspondência a um elemento químico/nutriente específico conforme ilustra a figura “Os elementos químicos no corpo humano” de um manual escolar de Ciências Físico-Químicas (Neves et al., 1999, p. 81) e a figura integrada numa actividade de aprendizagem de lápis e papel do tipo «Construção do conhecimento» em um manual escolar de Ciências Naturais (Leite et al., 1999, p. 11) poderão induzir a ideia de que os diferentes elementos químicos têm uma localização determinada no corpo humano. A figura designada por “Principal constituinte dos órgãos” também numa actividade de aprendizagem de lápis e papel do tipo «Construção do conhecimento» em um manual escolar de Ciências Naturais (Domingues et al., 2000, p. 35) conduz a uma ideia semelhante mas ao nível dos órgãos. Os manuais escolares de Motta & Viana (1999), de Silva et al. (1999) e de Sousa & Machado (1999) apresentam gráficos ilustrativos da composição média do organismo humano que não induzem qualquer concepção alternativa.

Reacções exoenergéticas/endoenergéticas e ATP (Adenosina trifosfato)

A definição de reacções exoenergéticas e endoenergéticas aparece definida nos manuais escolares de Ciências Naturais, do 8º ano de escolaridade, de Coelho et al. (1999a) e de Leite et al. (1999). Enquanto que o primeiro manual escolar explicita que “*Em geral, as reacções anabólicas necessitam de energia para ocorrerem e, por isso, chamam-se endoenergéticas. (...) As reacções catabólicas libertam energia e dizem-se exoenergéticas*” (p. 64), o segundo explicita “*(...) A quantidade de energia libertada nestas reacções, é superior à quantidade utilizada, pelo que se designam exoenergéticas. (...) Nestas reacções, o teor de energia consumido é superior ao que se liberta, pelo que se designam endoenergéticas*” (p. 57). O manual escolar de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano de escolaridade, de Roque et al. (1997) perfiha a primeira forma de definição destes dois conceitos. Na disciplina de Ciências Físico-Químicas, do mesmo ano de escolaridade, esses conceitos são já abordados de acordo com a segunda forma de definição (a cientificamente aceite). Embora se possa considerar que a utilização da primeira forma de definição tenha como objectivo a simplificação do conceito em causa, ele não é cientificamente aceite pois em ambos os fenómenos energéticos ocorre sempre consumo e libertação de energia pelo que deverão ser analisados em função do saldo consumo/libertação de energia.

O conceito de ATP (Adenosina trifosfato), enquanto uma molécula fortemente energética, está associado ao saldo energético negativo da respectiva reacção de hidrólise (fenómeno exoenergético). Esta forma de explicitação deste conceito é, entre os quatro manuais escolares de Ciências da Terra e da Vida seleccionados, apresentado apenas no manual escolar de Silva et al. (2000). Contrariamente a este conceito, os manuais de Domingues et al. (1999) e de Leite et al. (1999) induzem a ideia de que a formação de uma ligação química exige o fornecimento de energia pois:

– no primeiro manual escolar, a figura 2.21 (p. 90) mostra o fornecimento de energia para a formação da ligação fosfato e a associação desta ligação a uma mola que fica comprimida, numa caixa fechada, de forma a ilustrar o armazenamento da energia;

– no segundo manual escolar afirma-se que “*As moléculas de ATP formam-se a partir de adenosina difosfato (ADP), pela ligação de mais um grupo fosfato. Para que esta ligação ocorra, é utilizada grande quantidade de energia que fica aí acumulada (energia biológica)*” (p. 58).

Os manuais escolares de Coelho et al. (1999), de Leite et al. (1999) e de Oliveira et al. (1997) induzem ainda a ideia de que a quebra de uma ligação conduz à libertação de energia. O primeiro ilustra-a através da sequência da figura 1 (p. 69) que mostra uma caixa fechada sujeita a uma compressão no interior (ATP) e uma mola a saltar quando ela se abre (ADP). O segundo afirma que “*Sempre que as células necessitam de energia, obtêm-na directamente do ATP, por ruptura dessa ligação e libertação do grupo fosfato, formando-se de novo ADP*” e ilustra-o através da figura 20 (p. 58). Esta explicitação entra em conflito com a definição de reacções exoenergéticas e endoenergéticas referida na página 57. O terceiro explicita que “*Quando a célula necessita de energia faz a hidrólise do ATP, ou seja, por reacção do ATP com a água remove um grupo fosfato, havendo libertação de energia*” (p. 28).

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A análise destes manuais escolares permite concluir que alguns apresentam algumas características que podem induzir concepções alternativas relativamente aos tópicos: Fotosíntese, Catalisadores/Enzimas, Composição química do ar inspirado e do ar expirado, Composição química do corpo humano, Reacções exoenergéticas/endoenergéticas e ATP (Adenosina trifosfato).

No tópico “Fotossíntese”, especificamente na “Relação Fotossíntese/Respiração” os manuais escolares de Ciências Físico-Químicas podem induzir uma ou mais das seguintes concepções alternativas:

- a) Fotossíntese entendida como um mero processo de trocas gasosas;
- b) Respiração entendida como um fenómeno de inspiração e expiração, sinónimo de ventilação pulmonar;
- c) Respiração como processo que ocorre apenas à noite e a Fotossíntese como único processo que ocorre de dia;
- d) Fotossíntese como processo inverso da respiração;
- e) Fotossíntese e Respiração como processos complementares;
- f) Dióxido de carbono fonte de oxigénio.

Estes resultados poderão corroborar a ideia de que os manuais escolares, associados às informações veiculadas pelos mass-media, nomeadamente no que se refere à importância dos jardins das cidades e da floresta da Amazónia, serão uma das razões a apontar para a existência das concepções alternativas atrás mencionadas, por alunos de diversos anos de escolaridade, nomeadamente os do 10º ano conforme ilustram vários estudos (Silva, 1996). Esta ideia pode ainda ser aplicada no subtópico “Enzimas”, em virtude de alguns manuais escolares, do 8º ano de escolaridade de Ciências Naturais, induzirem a concepção alternati-

va de que «as enzimas são substâncias que transformam macromoléculas em micromoléculas», perfilhada também por alunos do 10º ano de escolaridade (Silva, 1997).

A realização de actividades laboratoriais em “Fotossíntese” exige a análise dos possíveis parâmetros de medição da taxa fotossintética (quantidade de reagentes consumidos – água e dióxido de carbono, e de produtos formados – substâncias orgânicas e oxigénio). Quando o parâmetro escolhido assentar na quantidade de oxigénio dissolvido na água por unidade de tempo é necessário discutir os resultados obtidos tendo em consideração que são o resultado do saldo das taxas fotossintética e respiratória.

No subtópico “Enzimas”, a exploração ou não dos modelos de actuação enzimática deverá ser objecto de reflexão face à importância para a compreensão do principal assunto em estudo – a digestão. Neste tópico, o relevo deverá assentar na intervenção das enzimas no aumento da rapidez das reacções de hidrólise da digestão permitindo assim que esta se processe a um ritmo compatível com o funcionamento do organismo humano.

O recurso à História da Ciência é um meio a ter em consideração dada a sua adequação para a promoção do desenvolvimento, por exemplo, das dimensões “conteúdo” e “meta-científica” da Educação em Ciências. A origem do oxigénio na fotossíntese e o conceito de enzima são exemplos de dois subtópicos científicos que permitem atingir esse objectivo.

A discussão de termos/expressões com diferentes significados consoante o contexto (científico e do dia-a-dia) deverá ser promovida tanto nos manuais escolares como na sala de aula de forma a promover a (re)construção dos respectivos conceitos. Por exemplo, o termo “respiração” refere-se, num contexto científico, a um processo de obtenção de energia e, num contexto do dia-a-dia, a um processo de inspiração e expiração (ventilação pulmonar).

Os resultados obtidos sugerem a necessidade de os professores contemplarem, na exploração dos vários temas científicos, a possibilidade de os alunos possuírem já algum conhecimento científico proveniente de outras áreas disciplinares. Isto implica que, ao ser planificado o ensino de acordo com um Modelo de Ensino Orientado para a Mudança Conceptual (Leite, 1998), seja considerado no nível de formulação inicial não só o conhecimento científico que o aluno possa ter adquirido em disciplinas anteriores da mesma área, mas também em disciplinas de outras áreas. Desta forma, os professores serão obrigados a analisar a correcção científica dos manuais escolares dessas outras áreas e a tomarem consciência do tipo de conhecimento científico que os alunos possam perfilhar. A mesma atitude deverá ser tomada relativamente aos manuais escolares da própria área disciplinar de cada professor.

A promoção da evolução conceptual é indiscutivelmente necessária. A interligação entre os diferentes saberes é necessária para se compreender que o conhecimento científico não é estanque, pelo que é válida a presença do mesmo tópico científico em diferentes áreas do conhecimento. No entanto, é de questionar:

– Até que ponto faz sentido começar por apresentar um conceito pretensamente mais simples mas cientificamente incorrecto para, em anos de escolaridade posteriores, ser necessário proceder à sua reconstrução?

– Em que medida é válida a atribuição de definições diferentes ao mesmo conceito, em disciplinas distintas e integradas no mesmo plano curricular?

É necessário reflectir sobre as possíveis implicações da manipulação pelo aluno de manuais escolares de áreas disciplinares diferentes, com informação que entra em conflito nos mesmos tópicos científicos. Será de evitar a explicitação dos tópicos científicos de

forma a induzirem concepções alternativas, tornando-se necessário que os manuais escolares sejam objecto de revisão por diferentes especialistas, tanto da área das chamadas Ciências Exactas como da área das Ciências da Educação.

Finalmente, é de reforçar a importância em considerar o manual escolar como um objecto de reflexão na formação inicial e contínua dos professores, tendo por base princípios pedagógicos claros e actuais, de forma a evitar o reforço de práticas lectivas de teor transmissivo. Essa reflexão deverá culminar com a elaboração e/ou transformação de materiais didácticos e com a avaliação da sua eficácia no processo de ensino-aprendizagem, pois o envolvimento efectivo dos professores nessas tarefas é uma condição indispensável à mudança das suas práticas.

BIBLIOGRAFIA

- Brigas, M. (1997). *Os manuais escolares de Química no Ensino Básico: opiniões dos professores sobre a sua utilização*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Coeelho da Silva, J. & Leite, L. (1997). Actividades laboratoriais em manuais escolares: proposta de critérios de análise. *Boletín das Ciências*, X(32), 259-264.
- Leite, L. (1997). Planificação do ensino-aprendizagem das ciências e mudança conceptual: uma proposta de conciliação. *Boletín das Ciências*, XI(36), 38-46.
- Raven, P. & Johnson, G. (1999). *Biology*. Boston: McGraw-Hill.
- Santos, M. (2001). *A cidadania na "voz" dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Silva, J. (1996). *O sistema de aquisição e tratamento de dados como um meio para promover a mudança conceptual: Um estudo sobre "Fotossíntese" com alunos do 10º ano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Silva, J. (1997). Novas tecnologias e mudança conceptual em Ciências: Resultados de um estudo piloto no tópico "Actividade enzimática". In Leite, L. et al. (Orgs.). *Didácticas/Metodologias da Educação*. Braga: DME – IEP, Universidade do Minho, pp. 117-127.
- Silva, J. (2000). Manuais escolares de Biologia-Geologia: Características e implicações na formação de professores. In Sá, M. H. (Org.). *Investigação em Didáctica e Formação de Professores*. Porto: Porto Editora, pp. 33-54.
- Solomon, E. et al. (1996). *Biology*. Orlando: Saunders College Publishing.
- Teixeira, A. & Ricardo, C. (1993). *Fotossíntese*. Lisboa: Didáctica Editora.
- Teixeira, F. et al. (1999). A educação científica veiculada por manuais escolares de estudo do meio do 1º CEB, no que respeita à reprodução humana. In Trindade, V. et al. (Coords.). *Metodologias do Ensino das Ciências – Investigação e Práticas dos Professores*. Évora: Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora, pp. 277-288.

ANEXO 1 MANUAIS ESCOLARES ANALISADOS

Biologia e Geologia

- Coelho, Q.; Monteiro, A.; Monteiro, R. & Vasconcelos, S. (1999a). *Ambientes – Ciências Naturais, 8º ano*. Carnaxide: Constância Editores.
- Domingues, H.; Batista, J.; & Sobral, M. (2000). *Mistério da Vida – Ciências Naturais, 8º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Gouveia, J.; Sousa, L. & Machado, M. (1997). *Ciências da Terra e da Vida 11, 11º ano*. Porto: Areal Editores.
- Leite, A.; Oliveira, M.; Balça, M. & Costa, S. (1999). *Ciências Naturais 8 – Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Areal Editores.
- Motta, L.; & Viana, M. (1999). *Biovida – Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Porto Editora.
- Oliveira, E.; Pedrosa, C. & Rosa, P. (1997). *Ciências da Terra e da Vida – 11º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Pinto, A.; Fialho, E.; Mascarenhas, M. & Inácio, M. (1997). *Técnicas laboratoriais de Biologia I*. Lisboa: Texto Editora.
- Roque, M.; Ferreira, A. & Castro, A. (1997). *Ciências da Terra e da Vida – 11º ano - 1ª Parte – Biologia*. Porto: Porto Editora.
- Silva, A.; Gramaxo, F.; Santos, M.; Mesquita, A. & Baldaia, L. (1999). *Vida Humana – Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Porto Editora.
- Silva, A.; Gramaxo, F.; Santos, M.; Mesquita, A. & Baldaia, L. (2000). *Terra, Universo de Vida – 1ª Parte, Ciências da Terra e da Vida, 11º ano*. Porto: Porto Editora.
- Sousa, L.; & Machado, M. (1999). *Mundo Verde 8 – Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Areal Editores.

Física e Química

- Caldeira, C.; Valadares, J.; Silva, L. & Teodoro, V. (1999). *Ciências Físico-Químicas, Química - 8º ano de escolaridade*. Lisboa: Didáctica Editora.
- Coelho, A.; Ferrão, M.; Silva, M.; Rosa, M., Cruchinho, P. & Carvalho, R. (1999b). *Físico-Químicas 9*. Carnaxide: Constância Editores.
- Fernandes, M., Graça, O. & Santos, R. (1999). *Química - 8º ano de escolaridade*. Lisboa: Lisboa Editora.
- Figueiredo, T. & Mateus, V. (1999). *Eureka – Ciências Físico-Químicas, 8º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Fiolhais, C.; Fiolhais, M.; Gil, V.; Paiva, J., Ventura, G. & Bandeira, J. (1999). *Química 8*. Lisboa: Gradiva.
- Matos, M.; Matos, J. & Ferreira, A. (1997). *Química – 8º ano*. Lisboa: Editorial O Livro.
- Mendonça, L. & Ramalho, M. (1999). *No Mundo em Transformação – Química, 8º ano*. Lisboa: Texto Editora.
- Neves, A.; Santos, A. & Viveiros, M. (1999). *Encontro com a Química – Ciências Físico-Químicas, 8º ano de escolaridade*. Lisboa: Plátano Editora.
- Rodrigues, M. & Dias, F. (1999). *Química na Nossa Vida – Físico-Químicas, 8º ano*. Porto: Porto Editora.