

Análise do tratamento de conceitos químicos em coleções das séries iniciais

Analysis of the treatment of chemistry concepts in textbook collections of the initial grades

Mônica Elizabeth Craveiro Theodoro¹

Universidade de São Paulo, USP, Brasil

Ana Cláudia Kasseboehmer²

Universidade de São Paulo, USP, Brasil

Luiz Henrique Ferreira³

Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Brasil

Resumo

Apesar de a disciplina Química integrar o currículo da Educação Básica apenas no nível médio de ensino, nos primeiros anos da escolarização é possível fazer referência a essa ciência. Além disso, a produção focando as Ciências Naturais para as séries iniciais tem crescido, mas ainda poucas pesquisas podem ser encontradas. O objetivo deste artigo foi levantar o tratamento dos conceitos básicos para o estudo da Química em livros didáticos de Ciências de 1^a à 4^a série do Ensino Fundamental, aprovados pelo PNLD/2007. As coleções foram analisadas quanto à sequência conceitual de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa. Foram encontradas inadequações na definição dos conceitos e na sequência conceitual, quando alguns conceitos foram abordados posteriormente aos seus subsunçores. Ao mesmo tempo, vários exemplos adequados de definição e tratamento desses conteúdos foram levantados. Espera-se, assim, contribuir para a discussão sobre o ensino dos conteúdos básicos para o estudo da Química nas séries iniciais. Especialmente, quando se estabelece o primeiro contato do estudante com um conceito científico ou com um campo do conhecimento, é importante que a evolução dos conceitos seja feita de maneira cuidadosa. A baixa preocupação dada ao tratamento sequencial de conceitos pode levar à formação de – ou reforçar – concepções alternativas que dificultam o aprendizado de conteúdos posteriores, quando esses estudantes ingressarem no Ensino Médio.

Palavras-chave: Livro didático, Séries iniciais, Química.

Abstract

Although the Chemistry discipline integrates the education curriculum only at high school level, it is possible to refer to this science in the early years of schooling. Furthermore, despite the fact that research production focusing on natural sciences for the initial grades has grown,

1 Licenciada em Química na Universidade Federal de São Carlos, atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo e desenvolveu seu projeto de Iniciação Científica com análise de material didático das séries iniciais do ensino fundamental. E-mail: monicateo@gmail.com

2 Licenciada, bacharel e mestre em Química e doutora em Ciências na UFSCar, atualmente é docente do IQSC/USP, pesquisa na área de Educação em Química e é docente dos Cursos de Licenciatura em Ciências Exatas e de Licenciatura Semipresencial em Ciências da instituição. E-mail: claudiaka@iqsc.usp.br

3 Bacharel em Química e mestre em Química Analítica pela USP, doutor em Química pela UNICAMP, é docente do Departamento de Química da UFSCar pesquisa na área de Educação em Química e é docente do Curso de Licenciatura em Química da instituição. E-mail: ferreiraufscar@gmail.com

still only few studies on the subject can be found. The purpose of this article was to survey basic concepts for the study of chemistry treated in science textbooks from 1st to 4th grades in elementary school, approved by the National Program of Textbooks - PNLD/2007. Textbook collections were analyzed with respect to conceptual sequence according to the Theory of Meaningful Learning. Deficiencies were identified in conceptual sequence and in the definition of concepts, when some of them are discussed posteriorly to their subsumers. However, several examples of adequate definition and treatment of these contents were collected. We expect to elucidate how the basic contents for the study of chemistry should be treated in the early grades. Specially when establishing the first contact of students with a scientific concept or field of knowledge, it is important to perform the evolution of concepts very carefully. The low concern given to the sequential treatment of concepts can lead to formation of (or reinforcement) misconceptions that may hinder the learning of later contents, when these students join high school.

Keywords: Textbook, Elementary school, Chemistry.

Introdução

Apresentar aos estudantes os produtos da ciência e tecnologia não deve ser o único objetivo no ensino de ciências. Mobilizar o caminho pelo qual os estudantes são formados e aflorar nestes a busca pelo conhecimento é uma característica inerente à natureza humana e deve ser explorado no ambiente escolar (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Existe um conjunto de conteúdos conceituais para cada fase da escolaridade que precisam ser bem planejados e trabalhados para se alcançar o letramento científico. Para Ausubel et al. (1980), a aprendizagem ocorre quando o estudante consegue relacionar informações previamente adquiridas, no ambiente escolar ou extraescolar, com os novos significados trabalhados, de forma que se estabeleça uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) entre eles. Esses conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva servem de ancoradouro para a nova informação e são chamados de “subsunçores” (MOREIRA, 1998).

A aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, a emergência de novos significados no aluno reflete o complemento de um processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL et al., 1980, p.34).

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa, o aprendizado ocorre pela incorporação do novo conhecimento àquilo que a pessoa já conhece. Além disso, o indivíduo aprende com maior facilidade se conhecer inicialmente aspectos mais globais do conteúdo e se for incorporando a esses aspectos aqueles mais específicos. Dessa forma, a estrutura cognitiva do indivíduo é uma estrutura organizada e hierárquica na qual os conceitos são arranjados do mais global para os menos inclusivos e diferenciados (TAVARES, 2007). As relações entre os conceitos ocorrem tanto através de diferenciação progressiva quanto de reconciliação integrativa. A primeira diz respeito ao vínculo entre um determinado conceito e outros nele contidos enquanto que a

reconciliação integrativa é a conexão entre dois conceitos aparentemente diferentes, mas que quando conectados integram o sentido geral.

Dentre os objetivos apontados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do ensino de Ciências para o Ensino Fundamental estão: compreender a natureza, gerar a representação do mundo - ou seja, como se entende o universo, o espaço, o tempo, a matéria, o ser humano, a vida -, explicar os fenômenos naturais, organizar e sintetizar os conhecimentos em teorias (BRASIL, 1997). E, ao longo do ensino fundamental observam-se, nos livros didáticos, temas intrinsecamente relacionados à Química, tais como: alimentos, seres vivos, materiais, energia, transformações, solo, ar, água, entre outros. No desenvolvimento destes, em muitos momentos são utilizados termos químicos ou análogos como, por exemplo, combustão ou queima, substância ou componentes/partículas, entre outros.

Espinoza (2010) caracteriza os conceitos de matéria, energia, transformação ou troca, sistema e classificação como um conjunto de conceitos denominados estruturantes uma vez que percorrem todas as áreas das Ciências Naturais e são necessários para compreender vários fenômenos do dia-a-dia. Esses conceitos são também básicos para aprender posteriormente temas mais aprofundados em Química, Física e Biologia e, portanto, precisam ser trabalhados continuamente em todas as faixas etárias.

É questão de debate na literatura a relação que professores das séries iniciais do ensino fundamental apresentam com os conteúdos conceituais de ciências. Geralmente, os professores possuem formação insuficiente em Ciências Naturais, o que faz com que muitos deles utilizem o livro didático como fonte única do conteúdo a ser trabalhado em sala de aula (FREITAG et al., 1993). De acordo com Lima e Maués (2006), seguir o livro didático com rigorosidade é uma das estratégias utilizadas para que os professores se sintam seguros. Este por sua vez, pode trazer consigo uma série de limitações, tais como falhas conceituais e despreocupação em relação à sequência conceitual adotada.

Lorenzetti e Delizoicov (2001) apontam que desde a década de 1980 a produção de materiais didáticos de Ciências Naturais para as séries iniciais tem crescido, ainda assim poucas pesquisas nessa área são encontradas na literatura. Em relação a pesquisas envolvendo materiais didáticos nas séries iniciais, podemos encontrar, por exemplo, análise do uso de analogias nos livros didáticos (CUNHA, 2006), das ilustrações sobre o tema estações do ano (SELLES; FERREIRA, 2004) ou da abordagem do tema malária em países suscetíveis à doença (NONAKA et al., 2012). Especificamente sobre a Química, há pesquisas sobre os experimentos que envolvem essa ciência nos livros didáticos das séries iniciais (THEODORO et al., 2008; MORI; CURVELO, 2008).

Quanto aos conceitos estruturantes indicados por Espinoza (2010), poucos são os trabalhos envolvendo esses conceitos no ensino fundamental. Gonçalves et al. (2007) avaliaram três coleções de obras utilizadas no segundo ciclo da primeira fase do ensino fundamental, a fim de verificar se abordam o conteúdo Energia nas dimensões conceituais, atitudinais e procedimentais. Para os autores, as coleções cumprem satisfatoriamente o que definem os PCNs. Jacques et al. (2009) analisaram o tratamento do conceito de Energia relacionado aos conteúdos de Química em livros didáticos de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental. Os autores destacam

como problemas conceituais que levantaram: (a) o uso da denominação “tipos” e não “formas” de Energia, o que sugere que a Energia não é uma só; (b) calor associado exclusivamente à mudança de temperatura de um corpo e (c) analogias inadequadas. Essas imprecisões fortalecem concepções alternativas relatadas na literatura relacionada à termoquímica, por exemplo.

Papageorgiou et al. (2010) desenvolveram uma proposta didática, com estudantes da faixa etária de 11 e 12 anos de idade, sobre transformações químicas e verificaram que é difícil desenvolver esse conceito nesta idade do ponto de vista submicroscópico. Os autores sugerem que o conceito de transformação física deve preceder o de transformação química e aquele deve ser desenvolvido a partir do conceito de substâncias e seus estados. Os autores também recomendam que a introdução ao nível submicroscópico precisa ocorrer inicialmente na abordagem de substâncias para depois evoluir para o de transformação que deve ser introduzido com exemplos, sem a utilização de “experimentos espetaculares”. Já Devetak et al. (2008) analisaram as ilustrações presentes na abordagem do tema estados da matéria em dois livros didáticos eslovenos para estudantes de 6 a 14 anos e verificaram que a temática é abordada prioritariamente em nível macroscópico, o que, segundo os autores, é compatível com o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Destacam ainda que as referências ao nível submicroscópico iniciam na série correspondente à faixa etária de 13 anos.

Tendo em vista que muitos dos conceitos abordados nos livros didáticos de Ciências Naturais das séries iniciais são fundamentais no estudo da Química, e que a maneira como os mesmos são trabalhados pode influenciar positiva ou negativamente aprendizados futuros no estudo de Química e das demais ciências, a pesquisa relatada neste artigo procurou responder a seguinte questão: Como os conteúdos básicos para o estudo da Química estão trabalhados nos livros das séries iniciais?

Assim, o objetivo deste trabalho consistiu em identificar os conceitos relacionados ao estudo da Química presentes nas coleções de livros didáticos de Ciências aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático - PNLD/2007 - de 1ª à 4ª série do Ensino Fundamental (ver tabela 1), e por meio de mapas conceituais averiguar como tais conceitos são estruturados nessas obras.

Metodologia

Amostra

O critério de escolha dos livros didáticos de Ciências para esta pesquisa foi sua aprovação pelo PNLD em 2007. As doze coleções utilizadas estão relacionadas na Tabela 1 e, para fins de análise, foram identificadas de ‘A’ a ‘L’.

Tabela 1 - Relação das coleções analisadas

	Livro
A	Caminhos da Ciência
B	Ciências para Crianças
C	Ciências – Pensar e Viver
D	Ciências Ponto de Partida
E	Ciências – Vivência e Construção
F	Conhecer e Crescer – Ciências
G	Conhecer e Gostar – Ciências para você
H	COPE: Ciências, Observação, Pesquisa e Experimentação
I	Curumim – Ciências
J	Projeto Pitangá - Ciências
K	Redescobrir Ciências
L	Terra – Planeta Vida / Ciências

Mapas Conceituais

A análise dos livros ocorreu a partir da construção de mapas conceituais. Eles são esquemas que, diferentes de organogramas e fluxogramas, reúnem conceitos e expressões de forma organizada e hierárquica. Essa ferramenta foi proposta por Joseph Novak e colaboradores com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Moreira (1998) aponta diferentes finalidades para sua utilização como, por exemplo, desenvolver a meta-aprendizagem dos estudantes, avaliar a aprendizagem ou utilizar como instrumento de planejamento ou avaliação de currículo. Apesar das múltiplas potencialidades dos mapas conceituais, esse estudo não teve como objetivo desenvolver mapas para serem utilizados em outros contextos além da própria pesquisa. Nesse estudo, os mapas conceituais foram utilizados com a exclusiva finalidade de organizar os conceitos químicos presentes nos livros didáticos para a análise dos mesmos.

Como exemplo da utilização de mapas conceituais para análise de material didático, podemos citar o trabalho de Wu et al. (2004), no qual os autores avaliaram três livros da área de Computação construindo um mapa conceitual para cada livro a partir do levantamento dos conceitos-chave encontrados. Dois professores construíram os mapas conceituais de forma independente e, após discussões para alcançar um consenso, os mapas para cada livro foram fechados. Soyibo (1995) também utilizou mapas conceituais para analisar o tema “respiração” em três livros didáticos de Biologia de Educação Básica caribenhos. A autora elaborou um mapa conceitual para cada livro o que permitiu observar a quantidade de conceitos abordados e as deficiências de cada um. Em relação à técnica dos mapas conceituais, a pesquisadora explica que apesar do tempo despendido na construção dos mapas, essa ferramenta mostrou-se útil na análise dos livros, ao permitir comparar a organização e a estrutura de tópicos específicos dos livros didáticos.

A elaboração de mapas conceituais é idiossincrática uma vez que como explica Moreira (1998) pessoas com a mesma formação podem construir mapas diferentes

sobre um mesmo tema. Entretanto, o pesquisador sugere algumas etapas para direcionar a preparação de mapas conceituais e que estão relacionadas abaixo:

- a) Listar os conceitos-chave do conteúdo que farão parte do mapa;
- b) Organizar os conceitos iniciando pelo mais inclusivo que é alocado no topo do mapa de acordo com o princípio da diferenciação progressiva;
- c) Conectar os conceitos com linhas e expressões que representem a relação entre eles, buscando também relações horizontais e cruzadas para estabelecer o princípio da reconciliação integrativa;
- d) Relacionar exemplos, quando houver, apenas na parte inferior do mapa.

Os mapas conceituais elaborados nesse estudo foram contruídos a partir do conjunto de conceitos, denominado por Moreira (1998) como conceitos-chave e por Espinoza (2010) como conceitos estruturadores, que podem ser relacionados a aspectos químicos encontrados nas obras analisadas. Após elencados, eles foram organizados de acordo com o princípio da diferenciação progressiva. Optou-se pela elaboração de um mapa conceitual que contemplasse todos os principais conceitos abordados nas obras. Assim, as expressões utilizadas nas linhas de conexão entre dois conceitos, denominadas “frases de ligação” (Moreira, 1998) também foram adequadas para possibilitar a utilização da mesma estrutura de mapa conceitual no estudo de cada uma das obras. Essa estratégia apresenta pontos negativos, como por exemplo, o fato de que o mapa não apresenta todas as relações conceituais presentes nos livros analisados. Por outro lado, optando-se uma única estrutura, que podemos chamar aqui como genérica, temos a vantagem de analisar cada livro dentro de uma mesma perspectiva. Isso pode ser vantajoso, visto que cada obra possui objetivos próprios e esse estudo só lança olhar aos principais conceitos relacionados à química.

Forma de Análise das Coleções

A análise das coleções ocorreu em três etapas:

- (i) Identificação dos conceitos nas obras.

A análise teve início com a leitura das obras. Nesse momento, à medida que os conceitos relacionados à Química eram apresentados na obra, eles eram listados e, juntos, constituíram o conjunto de conceitos apresentados nas coleções. Seguindo as orientações de Moreira (1998), para a produção de mapas conceituais, foi elaborado um mapa conceitual no qual fossem utilizados os principais conceitos químicos presentes nas 12 obras estudadas. E, assim, configura-se o mapa conceitual apresentado na figura 1.

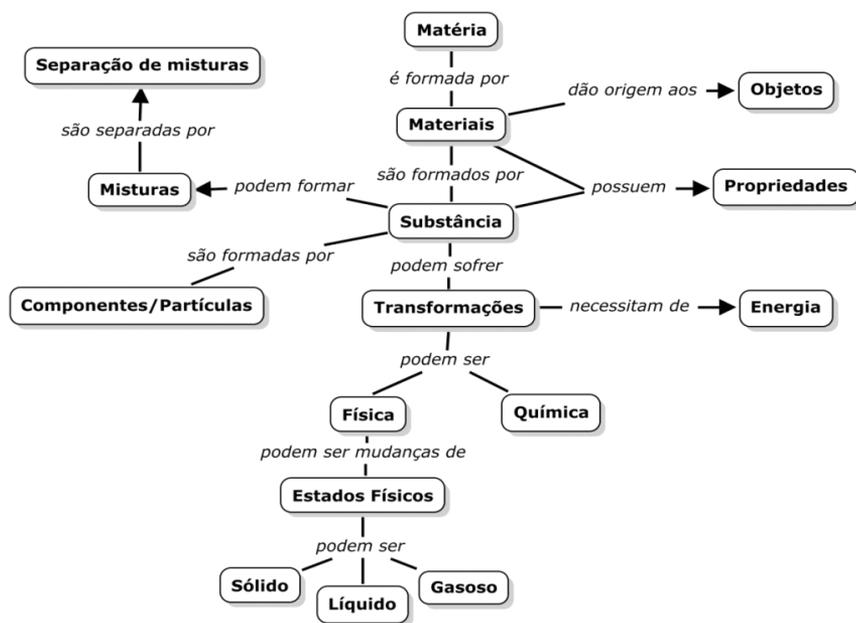


Figura 1 - Mapa conceitual dos conceitos básicos para o estudo da Química abordados nos livros didáticos das séries iniciais.

(ii) Diferenciação quanto à primeira abordagem e a não abordagem dos conceitos nas obras.

Uma vez elencados os conceitos químicos abordados nas 12 coleções, e, também, já possuindo uma estrutura no formato de mapa conceitual geral para todas as obras, procedeu-se indicando em qual volume da coleção cada um dos conceitos elencados era abordado pela primeira vez, além de identificar dentre os conceitos trabalhados pelas coleções em geral, qual deles não era contemplado por cada obra em específico. Para ilustrar, um desses mapas está apresentado na Figura 2:

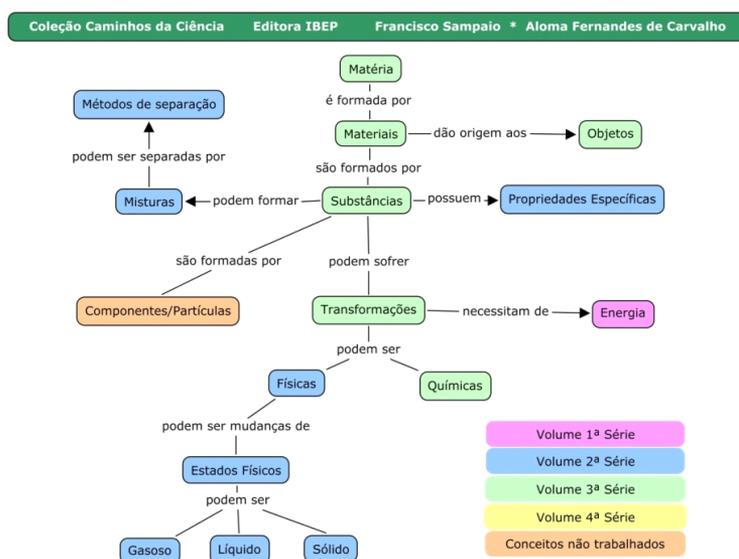


Figura 2 - Mapa conceitual elaborado para a Coleção A.

(iii) Consensualização dos mapas elaborados.

Tendo em vista o caráter idiossincrático dos mapas conceituais, o qual muitas vezes é apontado como aspecto negativo na utilização dos mesmos (MOREIRA, 1998), foi realizada uma discussão, com outro pesquisador da área, sobre cada um dos treze mapas conceituais elaborados. Essa discussão teve como finalidade buscar um consenso para o fechamento dos mapas conceituais e, conseqüentemente, para nortear os apontamentos que seriam feitos após dado o estudo das obras.

Com base no mapa conceitual apresentado na figura 01, as coleções foram analisadas quanto à presença/ausência desses conceitos e quanto à sequencia conceitual adotada no ensino deles. Para exemplificar essa análise, tomemos o exemplo de Moreira (1998, p.7).

Imagine-se o conceito de “conservação”; sua aquisição diferenciada em ciências é progressiva: à medida que o aprendiz vai aprendendo significativamente o que é conservação da energia, conservação da carga elétrica, conservação da quantidade de movimento, o subsunçor “conservação” vai se tornando cada vez mais elaborado, mais diferenciado, mais capaz de servir de âncora para a atribuição de significados a novos conhecimentos. Este processo característico da dinâmica da estrutura cognitiva chama-se **diferenciação progressiva**.

Pela teoria de Ausubel, espera-se que o conceito mais global seja inicialmente abordado para então diferenciá-lo em questões mais específicas sendo que o aprendizado delas favorece a elaborações mais complexas. De forma semelhante, avaliamos nas coleções em questão se os autores efetivaram o tratamento do conteúdo mais global para os menos inclusivos, por exemplo, abordando inicialmente o que é “transformação” para posteriormente desdobrar no ensino dos conceitos de “transformação física” e “transformação química”.

Resultados

A tabela 2 apresenta um panorama geral da primeira etapa de coleta de dados, na qual é explorada a presença e/ou ausência dos conceitos químicos nos livros didáticos analisados, e, também, o volume em que o mesmo é abordado pela primeira vez em cada uma das coleções.

Uma análise inicial da tabela 2 permite observar que enquanto algumas coleções – com ‘A’, ‘D’, ‘E’, ‘I’, ‘J’, ‘K’ e ‘L’ - tratam de todos ou da maioria dos conceitos, outras abordam poucos deles. Os conteúdos mais trabalhados pelas coleções são ‘materiais’, ‘mistura’, ‘métodos de separação’ e ‘transformações’.

Tabela 2 - Relação dos conceitos básicos para o estudo da Química trabalhados nos livros analisados

Coleção Conceitos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Matéria	3	-	3	3	-	-	-	-	3	2	-	-
Materiais	3	1	2	3	1	-	1	2	1	2	3	3
Substâncias	3	-	-	3	1	-	-	-	3	-	3	-
Propriedades gerais da matéria	2	-	-	-	2	3	-	-	3	2	-	2
Mistura	2	2	4	3	1	3	-	2	3	3	2	2
Métodos de separação de misturas	3	3	4	3	1	3	3	2	3	-	2	2
Transformações	3	-	3	-	2	-	1	-	3	2	3	3
Transformações Químicas	3	-	-	3	2	-	-	-	3	2	3	3
Transformações Físicas	3	-	-	3	1	-	-	3	4	2	1	2
Energia	1	3	-	-	3	-	3	-	4	4	-	4

Legenda: -: conceito não contemplado; 1: conceito contemplado no volume da 1ª série; 2: conceito contemplado no volume da 2ª série; 3: conceito contemplado no volume da 3ª série; 4: conceito contemplado no volume da 4ª série.

Com a finalidade de identificar o momento em que cada um dos conceitos elencados foi apresentado na coleção, e, ainda, se algum dos conceitos elencados não foi explorado pela mesma sequência conceitual proposta pelas coleções foi comparada ao mapa conceitual da Figura 01.

Para a apresentação dos resultados, os conceitos foram divididos em três grupos: (i) Composição da matéria - Matéria, Materiais, Substâncias, Propriedades e Misturas; (ii) Energia e (iii) Transformações, sendo estes reconhecidos nesse estudo como conceitos estruturantes, de acordo com o que propõe Espinoza (2010), mais diretamente relacionados ao estudo da Química.

(i) Composição da matéria - Matéria, Materiais, Substâncias e Misturas

Tomando a definição de subsunção dentro da diferenciação progressiva dada por Moreira (1998), é possível reconhecer neste grupo de conceitos “matéria” como subsunção para o conceito de “substância” e este, por sua vez como subsunção para “misturas”. Portanto, partindo do conceito mais geral para o mais específico, essa deveria ser a ordem de tratamento dos mesmos. Dependendo do contexto, os termos materiais e matéria podem sobrepor-se, por exemplo, uma mesa é considerada um pedaço de matéria e que pode ser constituída pelos materiais madeira e vidro. Um objeto de madeira, no entanto, também pode ser considerado um pedaço de matéria já que possui massa, ocupa lugar no espaço e não é possível atribuir uma fórmula química que o caracterize. Isso não ocorre para o conceito substância, que se diferencia dos outros conceitos pela atribuição de uma fórmula. Assim, o oxigênio (O_2) e a água (H_2O) são substâncias enquanto que o ar e a água mineral são exemplos de mistura de substâncias ou materiais. Para os químicos é imprescindível a utilização de técnicas de separação de misturas, uma vez que Química é a ciência que estuda as substâncias e suas transformações (ATKINS; JONES, 2001).

No entanto, na maioria das obras, o conceito “mistura” é contemplado principalmente no volume da segunda série, enquanto seu subsunção “substância” é abordado em poucas coleções e somente nos volumes da terceira série, o que demonstra a despreocupação em relação à sequência conceitual adotada nos livros. Também, os

conceitos de “materiais” e “matéria” são abordados no volume da terceira série das obras. Apenas as coleções D, E e I apresentam uma diferenciação progressiva quanto à abordagem desses conceitos.

Os conceitos de “materiais” e “mistura” são abordados na maioria das obras, mas seu subsunçor “matéria” é encontrado em poucas coleções. A ausência deste subsunçor não gera necessariamente deficiência na aprendizagem, pois os conceitos de “materiais” e “matéria”, como discutido anteriormente, podem se sobrepor. Para exemplificar, segue o trecho extraído da obra J.

Tudo que existe e ocupa um lugar no espaço é feito de matéria [...]. Chamamos de material aquilo que é formado de matéria. A matéria pode se apresentar em três estados físicos fundamentais: sólido, líquido e gasoso (COLEÇÃO J, vol. 2, p. 7)

Para exemplificar a inadequação quanto à sequência conceitual na coleção A, o conceito de mistura é trabalhado no volume da segunda série por meio de atividades experimentais que abordam misturas homogêneas e heterogêneas, e os subsunçores substância, materiais e matéria são desenvolvidos apenas no volume da terceira série:

A água, o ferro, o sal e o açúcar são materiais que têm características próprias, que os distinguem dos demais **materiais**. O sal é salgado, o açúcar é doce, o ferro é duro, a água é incolor... Os materiais que possuem sempre as mesmas características são chamados de **substâncias puras** (COLEÇÃO A, v. 3, p. 25, grifo nosso).

Uma vez que nas séries iniciais ainda não é possível abordar os níveis submicroscópico (PAPAGEORGIOU et al., 2010; DEVETAK et al., 2008) e simbólico da Química, a definição de substância não pode ser aprofundada. Assim, a rigor, os produtos comerciais utilizados como exemplos na coleção A – a água, o ferro, o sal e o açúcar – deveriam ser classificados como materiais. Todavia, a definição apresentada na coleção A pode ser considerada adequada como uma primeira referência ao tema.

A coleção D, também, apresenta uma definição interessante para o conceito de substância:

O açúcar refinado tem sempre as mesmas características. Por exemplo, ele é doce, mistura-se bem com água, derrete quando é aquecido e endurece novamente quando esfria. Os químicos chamam de **substância pura** toda espécie de matéria que possui características (ou propriedades) definidas (COLEÇÃO D, v. 3, p. 144, grifo nosso).

Entretanto, há uma ilustração complementar valorizando o nível macroscópico, conforme ilustrado na Figura 3. Como discutido anteriormente, os exemplos chumbo, cobre, sal e açúcar podem se configurar como substância, o que não ocorre no caso do aço inoxidável, que deve ser tratado como um material mesmo nas séries iniciais por ser uma liga metálica.



Figura 3 - Figura retirada do volume da terceira série da coleção D (p. 144)

Vale destacar que em uma das obras houve referência ao nível submicroscópico da matéria, apesar de não trabalhar o conceito de substância.

A água, os sais minerais e as vitaminas são feitos de **partículas muito pequenas**. [...] As proteínas, as gorduras e os açúcares são formados por **partículas bem maiores** (COLEÇÃO B, vol. 4, p. 130, grifo nosso).

Essa tentativa é válida ao introduzir noções sobre questões abstratas, mas que não pode ser enfatizada em virtude do nível cognitivo em que as crianças se encontram. Como indicam Devetak et al. (2010) o tratamento dos conceitos para essa faixa etária precisa permanecer no nível macroscópico.

Apesar da importância do conceito de substância, subsunção de “misturas” e “transformações”, muitos exemplos são meramente citados sem que este termo tenha sido devidamente definido:

A água é capaz de dissolver várias substâncias. Por isso, ela é chamada solvente universal (coleção F, v. 3, p. 44)

O ar é composto de uma mistura de gases. [...] o **oxigênio** e o **gás carbônico** são dois gases que compõem o ar. Além deles, também existe no ar outros gases, como o **nitrogênio**. [...] existe vapor de água no ar (COLEÇÃO F, v. 3, p. 55, grifo nosso)

O conceito de mistura é abordado em todas as obras, exceto na coleção G. Para exemplificar, toma-se a coleção I que apresenta uma explanação interessante a respeito do conceito de misturas e de algumas técnicas de separação:

Na natureza, geralmente, essas substâncias encontram-se misturadas. Veja como exemplo a água que bebemos. Ela possui várias substâncias além da água. Também são misturas as águas de rios e mares (COLEÇÃO I, v. 3, p. 100)

Nesse caso, o método utilizado é a decantação. Esse método faz com que as partículas sólidas se depositem no fundo do tanque. A destilação é um processo geralmente utilizado para separar uma mistura de líquidos (COLEÇÃO I, v. 3, p. 106)

Como exemplo de conceito trabalhado sem seu subsunçor, na coleção F define-se “misturas” utilizando o termo “substância” sem explorá-lo anteriormente.

É interessante a forma com que o conceito “materiais” é desenvolvido na coleção E, abrindo oportunidade para a participação do estudante no processo de construção desse conhecimento. No volume da primeira série, é trabalhado em uma unidade o tema “É feito de...”, no qual o conceito é explorado a partir de situações cotidianas. No módulo 1 desta unidade é proposta uma atividade na qual os estudantes devem identificar de qual material são feitos alguns objetos, por exemplo: o armário é feito de madeira, vidro, metal. Essa relação com aquilo que o estudante já conhece favorece a aprendizagem (AUSUBEL et al., 1980) e o letramento científico (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

(ii) Conceito de energia

Fundamental para a compreensão do conceito de transformações, o conceito de energia é abordado em sete das doze coleções estudadas. Verificou-se, em algumas obras, uma abordagem inadequada em relação à diferenciação progressiva do mesmo. Esse é o caso da coleção L, na qual o conceito de energia é fundamentado apenas no volume da 4ª série, mas mencionando, em alguns momentos dos volumes anteriores, termos como eletricidade, energia dos alimentos, energia solar, entre outros. Tal conceito é definido como:

Mas o que quer dizer energia? Energia vem da palavra *ergón*, que quer dizer ‘trabalho’. O funcionamento do seu corpo é uma forma de trabalho. Enquanto o seu corpo funciona, ele transforma a energia armazenada (COLEÇÃO L, v. 4, p. 56).

Além disso, as coleções E, G, I, J e L abordam o conceito de energia em um volume posterior ao de transformações. Apenas a coleção A aborda os conceitos de substâncias, transformações, transformações químicas, transformações físicas e energia e em uma sequência conceitual adequada. Gonçalves et al. (2007) que analisaram o conteúdo no segundo ciclo da primeira fase do ensino fundamental das coleções A, H e J consideraram que nas três coleções os conceitos científicos foram abordados corretamente. Concordamos com os autores com relação à coleção A que trabalhou adequadamente os conceitos e em uma sequência adequada. Também a coleção J, apesar de citar o termo em volumes anteriores aborda-o corretamente no último volume da coleção trabalhando-o como formas de energia como recomendam Jacques et al. (2009). Na coleção H, no entanto, encontramos apenas o termo “perda de calor”, ao abordar o conceito de transformação física, entretanto o conceito de energia não é discutido na coleção.

[...] Esses dois casos são exemplos de transformação da fase da água de gasosa para líquida. As transformações ocorreram devido à **perda de calor**, pois o vapor

entrou em contato com um ambiente de temperatura mais baixa [...] (vol. 3, p. 26, grifo nosso)

Apesar de sua importância para a aprendizagem dos demais conceitos, esse é na maioria das vezes tratado de maneira inadequada, no qual os termos “eletricidade” e “energia” possibilitam a interpretação equivocada de que ambos possuem o mesmo significado. Um exemplo de tal confusão encontra-se na coleção B, na qual é adotado o tema “eletricidade” sem, contudo, discutir o conceito de “energia”. A Figura 4 ilustra esse fato.

Aparelhos	A transformação da energia elétrica
Enceradeira	em energia de movimento <i>Move as escovas que lustram o chão.</i>
Forno elétrico	em energia do calor <i>Aquece a resistência que emite calor.</i>
Rádio	em energia de movimento <i>Faz vibrar a caixa de som.</i>
Geladeira	em energia de movimento <i>Move o motor que faz circular um gás.</i>
Liquidificador	em energia de movimento <i>Movimenta as pás que batem e cortam as coisas.</i>
Ventilador	em energia de movimento <i>Movimenta as pás que movimentam o ar.</i>
Lâmpada	em energia do calor <i>Aquece o filamento e ele fica luminoso.</i>
Chuveiro	em energia do calor <i>Aquece a resistência que aquece a água.</i>

Figura 4 - Figura retirada do volume da terceira série da coleção B (p. 157)

De acordo com Jacques et al. (2009) energia é um conceito unificador em Ciências Naturais, dada sua importância para compreender processos químicos, físicos e biológicos. Entretanto, sua definição parece ser distinta nas diferentes áreas do conhecimento. Especialmente nas séries iniciais, energia é difícil de ser trabalhada em virtude da dificuldade de ser definida precisamente e da abstração inerente a esse conceito. Esse problema pode gerar abordagens inadequadas que se traduzirão em compreensões equivocadas do tema e, portanto, em concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem de conceitos mais abrangentes. Para exemplificar, os autores discutem a abordagem frequentemente utilizada em livros didáticos de energia como um ente armazenado em um corpo. Esse tratamento remete à ideia de que energia seria algo concreto e que possui uma definição clara o que caminha na contramão da abordagem científica desse conceito. Isso é encontrado, por exemplo, na coleção L ao utilizar a expressão “ele transforma a energia armazenada”.

A coleção B também parece abordar calor como uma forma de energia o que pode gerar dificuldade na diferenciação dos termos calor, temperatura e energia. Como mostra o trabalho de Jacques et al. (2009), os problemas conceituais permanecem nos livros didáticos das séries finais do ensino fundamental.

A discussão apresentada na coleção G que dedica uma unidade no volume da terceira série à discussão do conceito de energia é um exemplo de uma abordagem adequada deste conceito:

A Terra é um planeta dinâmico, onde tudo se transforma. Todas as transformações que ocorrem na Terra envolvem energia. Entretanto, a energia não é visível ou palpável. O que percebemos, na verdade, são as mudanças que acontecem quando a energia está sendo transferida ou transformada. Exemplos: ondas do mar, terremotos, ventanias, pessoa correndo, atleta parado sustentando peso, pessoa dormindo, automóvel em movimento... (COLEÇÃO G, v. 3, p. 148).

Dada a dificuldade de definir o conceito de energia, uma abordagem adequada é explorar o fato de que podemos perceber as suas diferentes manifestações e transformações como, por exemplo, a transformação de energia química em energia cinética quando uma pessoa corre, etc. como feito na coleção G. Esse tratamento conceitual, se não resumir a definição de energia a uma de suas manifestações, contempla a ressalva de Jacques et al. (2009) de que energia precisa ser trabalhada como “formas” de energia que se manifesta de maneiras diferentes e não como “tipos” de energia como entes distintos que não se transformam.

Também destacamos como o conceito de energia é explorado na coleção I, trabalhado no início do volume da terceira série e relacionando este conceito com situações cotidianas, como pode ser observado na transcrição abaixo.

Energia é uma palavra que utilizamos para muitas coisas. É comum falarmos de energia elétrica, energia dos combustíveis, por exemplo. Podemos reconhecer diferentes tipos de energia que fazem parte do nosso dia-a-dia: a energia elétrica, que acende a luz e faz funcionar os aparelhos e máquinas de nossa casa; a energia luminosa, que vem do Sol, das lâmpadas e das velas; a energia química, contida nos combustíveis, que faz os carros, ônibus e caminhões se movimentarem; a energia química, que está nos alimentos, que serve para os seres vivos se manterem, sobreviverem e realizarem suas funções e ações (COLEÇÃO I, v. 3, p. 59)

(iii) Conceito de transformação

Os conceitos “transformação” e “transformação física” são tratados em oito das doze coleções consideradas, enquanto que “transformação química” é abordada em sete obras. De uma maneira geral, “transformações físicas” são utilizadas para discutir outros conceitos como materiais e substância. Além disso, esses temas são tratados no nível macroscópico e com referência ao cotidiano o que é adequado (DEVETAK et al., 2008; AUSUBEL et al., 1980; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001). Porém, poucas obras – coleções C, G – relacionaram transformações à energia.

Foram encontradas algumas concepções equivocadas. Um exemplo se refere à coleção K, em que há uma definição na qual se subentende que “transformações químicas” são transformações violentas, e também, uma afirmação que sugere ferrugem como uma espécie de fungo.

O sal de cozinha não deixa de existir quando dissolvido na água. Se deixasse de existir, a água não ficaria salgada. Houve uma mudança ou transformação, mas, se deixarmos a água evaporar, poderemos obter o sal de volta. Assim das salinas se obtém o sal de cozinha. Existem **transformações mais violentas**, como a queima de um material. Depois de queimar um papel, não poderemos tê-lo de volta.

O mesmo acontece com um pedaço de ferro **atacado pela ferrugem** (COLEÇÃO K, v. 3, p. 22, grifo nosso).

Como defendem Papageorgiou et al. (2010) uma sequência conceitual adequada para o conceito de transformação química é abordar inicialmente substâncias e seus estados, em seguida transformação física para então culminar com o de transformação química. Para exemplificar uma referência adequada sobre transformação, toma-se a obra J:

Nenhum material permanece inalterado ou igual para sempre. Os materiais podem se transformar sob ação de fenômenos da natureza (chuva, vento, ondas, fogo, etc.) ou dos seres vivos (COLEÇÃO J, v. 2, p. 24).

Nesse caso, é apresentada uma explanação simples acerca do conceito “transformação”, mas que precisa ser aprofundada considerando seus subsunçores.

Acrescentamos à sequência proposta por Papageorgiou et al. (2010) que o conceito de energia também se configura como um subsunçor para compreender o que é transformação. A coleção C aborda transformações e energia de maneira e em uma sequência satisfatória como pode ser observado nos trechos a seguir:

Muitos **materiais sofrem transformações** naturalmente. Com o passar do tempo, os objetos de ferro, por exemplo, podem enferrujar. A ferrugem é uma transformação provocada pelo vapor de água e pelo gás oxigênio do ar [...]. Nós também podemos provocar transformações [...]. Farinha, leite ou água, manteiga, ovos, etc. são misturados, aquecidos e, depois de um certo tempo, temos um delicioso bolo” (COLEÇÃO C, v.4, p. 53, grifo nosso).

Ao estudar as **transformações** que ocorrem à nossa volta, o ser humano descobriu que a **energia** é responsável por todas elas (COLEÇÃO C, v. 3, p. 18, grifo nosso).

Além de abordar os subsunçores necessários para a compreensão dos conceitos “transformações químicas” e “transformações físicas” é necessária a diferenciação clara acerca desses conceitos e, preferencialmente, em nível macroscópico como defendem também Papageorgiou et al. (2010) e Devetak et al. (2008).

Ilustrando uma diferenciação adequada, toma-se a coleção A, pois esta também faz associação com o dia-a-dia dos estudantes e procura desmistificar a forma com que geralmente a Química é abordada na mídia. A seguir encontram-se alguns trechos extraídos da coleção A:

O mesmo acontece quando a água se transforma em gelo. Ela passa do estado líquido para o estado sólido, mas continua sendo água. Na forma líquida, de vapor ou sólida, a água continua sendo água. Esse tipo de transformação recebe o nome de **transformação física** (COLEÇÃO A, v. 3, p. 47, grifo nosso).

Mas, ao contrário do que mostram as revistas em quadrinhos e os seriados de TV, a maioria das transformações químicas não é explosiva e não acontece apenas em tubos de ensaio dos laboratórios. Pelo contrário, a cada instante, milhares de transformações químicas ocorrem à nossa volta e dentro de nós. As **transformações químicas** fazem parte do nosso dia-a-dia (COLEÇÃO A, v. 3, p. 48, grifo nosso).

Pode-se destacar também a abordagem da coleção E. No volume da primeira série é discutido o conceito de substância utilizando o tema mudanças de estados físicos da água, o conceito de transformação física a partir de situações cotidianas.

De que substância é feito o gelo? [...] Em que estado físico encontra-se essa substância? (COLEÇÃO E, v. 1, p. 140).

Quando colocamos a água no congelador promovemos a sua mudança de estado físico: de líquido para sólido. Quando tiramos o gelo do congelador, ele se derrete. Ocorre então outra mudança de estado físico da água: de sólido para líquido (coleção E, v. 1, p. 141).

O conceito de transformações químicas é explorado no volume da segunda série utilizando exemplos cotidianos, tais como: fermentação, corrosão de metais, etc. Nesse volume, os autores iniciam a abordagem do conceito chamando o estudante a perceber transformações que ocorrem em seu dia-a-dia, sem apontar para este termo. Em seguida, foca-se no conceito de reações químicas a partir de um tratamento investigativo, no qual os estudantes podem participar da construção do conceito.

Em relação a essa abordagem investigativa, ela baseia-se em uma atividade em que é apresentada uma história em quadrinhos na qual um garoto mistura acidentalmente um pó branco em uma limonada que efervesce. A seguir é proposto que os estudantes sugiram possíveis produtos que podem ser testados de modo a descobrir qual pó foi empregado na história. Assim, o conceito de transformação química é construído ao longo da unidade utilizando conceitos tais como evidências de reação, produtos químicos, entre outros. Esta é uma abordagem interessante uma vez que, ao discutir o conceito de transformação química, possibilita a prática da observação de fenômenos e da elaboração de hipóteses. Essas são estratégias importantes para o posicionamento ativo dos estudantes, necessário para o letramento científico como defendem, por exemplo, Lorenzetti e Delizoicov (2001).

Conclusões

As séries iniciais são a primeira oportunidade para introduzir alguns conceitos importantes para o estudo da Química e o livro didático guarda importante contribuição no preparo e na condução das aulas, especialmente quando os professores não se sentem confortáveis com sua formação em Ciências. Nesse contexto, as pesquisas relacionadas aos mesmos são de demasiada importância no âmbito educacional.

Os conceitos levantados, apesar de, na maioria dos casos, não estabelecerem uma sequência conceitual adequada, estão presentes em grande parte das coleções. Em relação ao primeiro grupo de conceitos, constatou-se que “mistura” está presente em onze das doze coleções, entretanto, apenas cinco delas introduzem os conceitos necessários para a compreensão do que é uma mistura. Destas, as coleções A e K apresentam o conceito de substância, fundamental para a compreensão de mistura, uma vez que uma mistura só é definida a partir da definição do que é uma substância, após a discussão do conceito de mistura.

Os conceitos do primeiro grupo são trabalhados, de modo geral, nos volumes da segunda e da terceira séries, como ocorre com a maioria dos outros conceitos básicos

para o estudo da Química. Foram encontradas algumas lacunas em relação à sequência conceitual estabelecida através do mapa conceitual da Figura 01, por exemplo, em algumas coleções como, as B, C, F, G, H, J e L, não foi desenvolvido o conceito “substância”, ou ocorreu diferenciação incorreta entre “substância” e “materiais”.

Em relação ao segundo grupo, verificamos predominância da discussão do tema energia elétrica em detrimento do conceito mais inclusivo e abrangente para a compreensão das transformações na natureza, o conceito de energia. Quanto à “transformação química”, crucial para a compreensão dos fenômenos ocorridos na natureza, este está presente em sete das doze coleções. Entretanto apenas quatro delas introduzem os subsunçores necessários. Das coleções que abordaram o conceito de “transformação química”, em cinco delas o mesmo foi inserido no volume da terceira série, assim como a maioria dos conceitos químicos. O fato de esses conceitos aparecerem apenas nesse volume e com abordagem somente no nível macroscópico respeita o nível cognitivo no qual as crianças encontram-se durante esta etapa da escolarização.

É interessante destacar o esforço da coleção A em desmistificar a imagem negativa da Química atribuída, por exemplo, pela mídia, que quando incentivada pode levar à formação de visões distorcidas sobre ciência e à baixa motivação dos estudantes para aprender Química. Já a coleção K associou de maneira inadequada transformações químicas a fenômenos violentos.

Apesar de não ser possível tratar em níveis profundos, pequenas alusões ao nível submicroscópico podem ser feitas para introduzir as crianças ao pensamento abstrato. Como consta na coleção B ao ser explicado que algumas substâncias são feitas de partículas muito pequenas e outras por partículas maiores. Também na coleção K há a indicação de que nem todos os fenômenos restringem-se ao visível e, por exemplo, a dissolução de sal na água não representa o desaparecimento desta substância, apesar de que, apropriadamente, aprofundamentos abstratos não são adicionados.

Especialmente quando se estabelece o primeiro contato do estudante com um conceito científico ou com um campo do conhecimento, é importante que a evolução dos conceitos seja feita de maneira cuidadosa. A baixa preocupação dada ao tratamento sequencial de conceitos pode levar a formação de (ou reforçar) concepções alternativas que dificultam o aprendizado de conteúdos posteriores, quando esses estudantes ingressarem no ensino médio.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001. 914p.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Intermérica Ltda., 1980. 626p.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: ciências naturais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CUNHA, M. C. C. Analogias nos livros de ciências para as séries iniciais do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V6N2/v6n2a1.pdf>>. Acesso em: 13 de set. de 2011.

DEVETAK, I.; VOGRINC, J.; GLAŽA, S. A. States of matter explanations in Slovenian textbooks for students aged 6 to 14. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 3, n. 3, p. 217-235, 2008.

ESPINOZA, A. **Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos**. São Paulo: Ática, 2010. 168p. (Série Educação em Ação).

FREITAG, B.; COSTA, W. F.; MOTA, R. V. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1993. 159p.

GONÇALVES, F. M. S.; NÓBREGA, M. L.; SOUTO, T. V. S.; VASCONCELOS, K. C. Analisando os conteúdos conceitual, atitudinal e procedimental em livros didáticos de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17, 2007. São Luís. **Anais...** São Luís: UEMA/UFMA/CEFET-MA, 2007. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/atas/resumos/To325-1.pdf>>. Acesso em: 21/05/12.

JACQUES, V.; MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. A presença do conceito de energia no tratamento da química em livros didáticos de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/viewFile/864/411>>. Acesso em: 21/05/12.

LIMA, M. E. C. C.; MAUÉS, E. Uma releitura do papel da professora das séries iniciais no desenvolvimento e aprendizagem de ciências das crianças. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. v. 8, n. 2, p. 161-175, 2006.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. v. 3, n. 1, p. 1-17, 2001.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos de Aplicação**, v. 11, n.2, p. 143-156, 1998.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. Experimentos que envolvem química em livros de ciências para as séries iniciais: proposta e aplicação de um instrumento de análise. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14, 2008. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0419-1.pdf>>. Acesso em: 21/05/12.

NONAKA, D.; JIMBA, M.; MIZOUE, T.; KOBAYASHI, J.; YASUOKA, J.; AYI, I.; JAYATILLEKE, A. C.; SHRESTHA, S.; KIKUCHI, K.; HAQUE, S. E.; YI, S. Content analysis of primary and secondary school textbooks regarding malaria control: a multi-country study. **PLoS One**, v. n. 5, 2012.

PAPAGEORGIOU, G.; GRAMMATICOPOULOU, M.; JOHNSON, P. M. Should we teach primary pupils about chemical change? **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 12, p. 1647-1664, 2010.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SOYIBO, K. Using concept maps to analyze textbook presentations of respiration. **The American Biology Teacher**, v. 57, n. 6, p. 344-351, 1995.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência & Cognição**, v. 12, p. 72-85, 2007.

THEODORO, M. E. C.; OLIVEIRA, R. C.; FERREIRA, L. H. Experimentos de química nos livros didáticos de 1ª a 4ª aprovados pelo PNL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14, 2008. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0096-2.pdf>>. Acesso em: 21/05/12.

WU, C. C.; LEE, G. C.; LAI, H. K. Using concept maps to aid analysis of concept presentation in high school computer textbooks. **Education and Information Technologies**, v. 9, n. 2, p. 185-197, 2004.

Recebido em 13/03/2013. Aprovado, para publicação, em 25/10/2013