

Qualidade dos Livros Didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático: análise do tema Estrutura da Matéria e Reações Químicas

Amadeu Moura Bego¹, José Bento Suart Júnior², Kamila Ferreira Prado³ e Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani³

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP) Araraquara, São Paulo, Brasil.

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Apucarana, Paraná, Brasil.

³Universidade Estadual Paulista (UNESP) Bauru, São Paulo, Brasil. E-mails: amadeu.bego@unesp.br, suart@utfpr.edu.br, kamilaferreiraprado@gmail.com, silviazuliani@fc.unesp.br.

Resumo: Este trabalho tem como objetivo avaliar o conteúdo e a abordagem dados ao tema estrutura da matéria e reações químicas em quatro livros didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático. A análise documental qualitativa foi realizada utilizando-se o instrumento produzido por Furió e Domínguez. Concluiu-se que os livros apresentam conteúdo e abordagem bastante adequados, sobretudo à não veiculação de graves erros ou imprecisões conceituais e à diferenciação dos aspectos fenomenológico, teórico e representacional do conhecimento químico, com a delimitação da validade dos níveis de estudo macro e submicroscópico. Destaca-se como aspecto deficitário das obras a necessidade de se avançar no estabelecimento de relações sistemáticas e explícitas entre as discussões sobre estrutura da matéria e as reações químicas, tanto para o nível macro quanto submicroscópico.

Palavras-chave: livro didático, Programa Nacional do Livro Didático. ensino de química.

Title: Quality of the Chemistry Textbooks approved by the Brazilian Program of Official Textbooks: an analysis of the themes Structure of Materials and Chemical Reactions

Abstract: This work evaluates the content and the approach of the subject "structure of materials and chemical reactions" in four textbooks of Chemistry, all approved by the "National Program of Official Textbooks". The qualitative document analysis was carried out using an evaluation instrument produced by Furió and Domínguez. It was concluded that the books present adequate content and approach, since they do not have serious errors or conceptual inaccuracies and also differentiate between the phenomenological, theoretical and representational aspects of chemical knowledge, delimiting the validity of macro and microscopic study levels. Among the negative aspects on the textbooks analyzed, it appears the necessity to advance in the establishment of systematic and explicit discussions on the relationship between the structure of matter and chemical reactions, at both the macro and the submicroscopic levels.

Keywords: textbooks, National Program of Official Textbooks, chemistry teaching.

Introdução

A Química é uma área do conhecimento científico que faz parte das chamadas ciências factuais que lidam com fatos concernentes à natureza, compondo juntamente com a Biologia e a Física, a área de Ciências da Natureza (Moreira, 2004). De modo particular, a Química tem como objeto de estudo as propriedades, a constituição e as transformações das substâncias e dos materiais. As propriedades das substâncias e dos materiais se referem ao conhecimento obtido por meio das observações e medidas experimentais, tais como dureza, temperatura de fusão e de ebulição, densidade, solubilidade, entre outros. Baseado nesse conhecimento, a comunidade científica vem, ao longo da história, formulando explicações racionais acerca da constituição das substâncias e dos materiais, que nos permitem compreender melhor sua composição e propriedades. Esses conhecimentos fornecem subsídios para o entendimento, o controle, a execução e, até mesmo, a previsão quali e quantitativa das transformações das substâncias e materiais (Mortimer, Machado e Romanelli, 2000). Entretanto, o ensino de química não é uma tarefa simples, em uma função, dentre diversos fatores, da complexidade de sua epistemologia.

Baseados nos seminais artigos de Johnstone (1982, 1991, 1993), Mortimer, Machado e Romanelli (2000) propõem uma importante perspectiva de mudança no enfoque curricular para o ensino de química no âmbito do Brasil. Os autores partem da premissa de que a construção do conhecimento químico envolve três aspectos que estão interligados e são indissociáveis: fenomenológico, teórico e representacional (Figura 1). O aspecto fenomenológico se refere à dimensão empírica da Química, em que são realizadas observações, medições e a identificação de regularidades. O aspecto teórico está relacionado à formulação de explicações lógico-causais racionais e de modelos sobre fatos e fenômenos. Por fim, o aspecto representacional diz respeito propriamente à linguagem Química em que são desenvolvidos e sistematizados os símbolos, fórmulas, equações, gráficos etc.

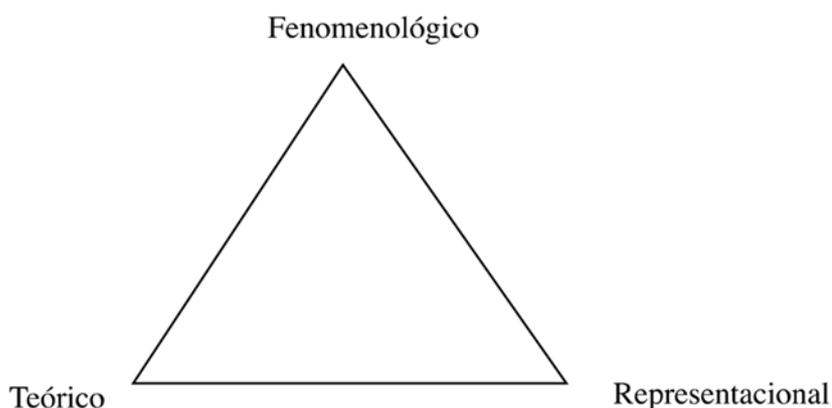


Figura 1.- Representação do triângulo com as inter-relações entre os três aspectos do conhecimento Químico. Fonte: Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p.277).

Para os autores, o aprendizado da Química ocorre quando o estudante consegue tanto se apropriar quanto transitar entre esses aspectos do

conhecimento químico. A Química pode ser conceituada, portanto, como um sistema teórico-conceitual e teórico-metodológico com o qual se busca interagir, explicar e representar o mundo material e suas transformações.

Essa perspectiva é corroborada por Giordan (2008) e Tontini (2004) em relação ao reconhecimento de que o conhecimento químico se alicerça não apenas no domínio, mas, sobretudo, na interpretação teórica da fenomenologia das transformações da matéria. Para os autores, o conhecimento químico tem sua fundamentação semiótica, seja na simbologia ou na designação estrutural dos entes submicroscópicos, e sua materialização na codificação dos níveis fenomenológicos em linguagem teórica característica.

Contudo, como já alertado por Johnstone (1991), ainda na década de 1990, um dos grandes problemas das práticas habituais no ensino de química está no fato de os professores “pularem” de um aspecto do conhecimento químico a outro tão rapidamente que os mesmos acabam por se “fundirem” em uma única realidade. Entretanto, para o autor, a transição entre os aspectos demanda uma acurada habilidade que requer uma capacidade de integração e abstração.

Nesse sentido, várias pesquisas têm mostrado que o aprendizado do conceito de substância, em sua inter-relação com os três aspectos do conhecimento químico, é fundamental para se entender adequadamente as reações químicas e se constitui em um aspecto basilar para o aprendizado dos demais tópicos da Química (Benarroch, 2000; Furió e Domínguez, 2007a, 2007b; Furió, Domínguez e Guisasola, 2012; Mortimer, 2000; Rosa e Schnetzler, 1998; Trinidad-Velasco e Garritz, 2003).

Todavia, as diversas pesquisas levadas a cabo ao longo das últimas décadas na área de Didática das Ciências apontam para a existência de fortes concepções alternativas aos conceitos científicos em estudantes e professores, as quais resistem ao longo dos anos apesar da escolarização e incidem decisivamente na aprendizagem de ciências (Mortimer, 2000; Pozo e Gómez Crespo, 2013; Sanmartí, 2002).

As pesquisas sobre concepções alternativas produziram um vasto conteúdo que permitiram a caracterização e o mapeamento das ideias dos alunos em relação a inúmeros temas das ciências.

No tocante às características das concepções alternativas dos estudantes, as investigações apontam que as mesmas têm caráter genérico, são persistentes, têm natureza implícita e apresentam dependência de contexto. A generalidade se refere à identificação de que as concepções de estudantes independem de gênero, cultura, idade e nível educativo. Estas persistem ao longo dos anos, em distintos níveis educativos, apesar da escolarização e são identificadas inclusive em professores e especialistas. A natureza implícita decorre do reconhecimento de que os estudantes mobilizam e utilizam suas concepções para interpretação de fenômenos da natureza ou para a resolução de problemas, mas muitas vezes não têm consciência das mesmas e apresentam dificuldade para verbalizá-las. Outra característica importante é que concepções alternativas são construções *ad hoc* que atendem demandas de determinada tarefa e convivem sem conflito na mente dos estudantes mesmo sendo contraditórias. Por fim, algumas

pesquisas mostram que, no geral, certas concepções dos estudantes apresentam notável similaridade com concepções superadas na própria história de desenvolvimento de conceitos das disciplinas científicas (Carrascosa, 2005; Furió e Domínguez, 2007a; Furió, Solbes e Carrascosa, 2006; Pozo e Gómez Crespo, 2013; Sanmartí, 2002).

Em relação ao mapeamento das ideias dos alunos acerca do tema estrutura da matéria e reações químicas, as pesquisas sobre as concepções alternativas identificaram que muitos estudantes: (1) não distinguem os conceitos de substância, matéria, material e produto; (2) associam o significado de substância com substância simples e de substância simples com elemento; (3) associam mistura com substância composta; (4) consideram que composto químico é uma mistura aleatória de átomos; (5) acreditam que uma substância pura composta não pode produzir outras substâncias puras simples; (6) tendem a substancializar as propriedades das espécies submicroscópicas; (7) pensam que os fenômenos naturais são físicos e os fenômenos artificiais ou extraordinários (que liberam grande energia) são químicos; (8) concebem uma transformação química como simples mudança visual ou de estado de agregação das substâncias; (9) consideram que pode haver mudanças de propriedades físico-químicas sem haver mudança do tipo de substância em reações químicas; (10) possuem a ideia de que em uma reação química é possível o desaparecimento de matéria ou a transmutação de elementos; (11) não distinguem as dimensões macroscópica, submicroscópica e representacional (Furió e Domínguez, 2007a, 2007b; Furió, Domínguez e Guisasola, 2012; Mortimer, 2000; Rosa e Schnetzler, 1998).

Sobre as causas da origem e persistência das concepções alternativas nos estudantes, Pozo e Gómez Crespo (2013) apontam três grandes dimensões: *sensorial*, *cultural* e *escolar*.

O contato sensorial com os fenômenos da natureza de modo reiterativo e imediato faz com que os alunos espontaneamente produzam explicações de senso comum com o intuito de dar significado às atividades cotidianas. Essas explicações se baseiam essencialmente em regras da inferência causal apoiada em processos sensoriais e perceptivos e, por serem interiorizadas como evidências inquestionáveis, convertem-se em barreiras epistemológicas por se constituírem em uma forma de pensamento. Esses são os motivos que tornam difícil aos estudantes verem os fenômenos a partir de outra perspectiva e se expressarem sobre os mesmos utilizando conceitos e ideias distintas daquelas que construíram em sentido comum, uma vez que suas concepções estão intensamente arraigadas em suas experiências pessoais cotidianas (Carrascosa, 2005; Sanmartí, 2002). Pozo e Gómez Crespo (2013) afirmam que, de modo geral, o pensamento de senso comum se baseia nas leis da aprendizagem associativa que utilizam regras heurísticas, aproximativas, com caráter probabilístico, a fim de simplificar as situações e aumentar a capacidade de prevê-las e controlá-las. O pensamento causal cotidiano apoia-se, para os autores, nas seguintes regras simplificadoras: semelhança entre causa e efeito, contiguidade espacial, contiguidade temporal entre causa e efeito, covariação qualitativa e quantitativa entre causa e efeito.

A origem cultural das concepções alternativas se relaciona às

representações sociais acerca de inúmeros fatos e fenômenos da natureza. A linguagem cotidiana, menos crítica e sistemática, é formada por palavras com significados construídos historicamente a partir de experiências cotidianas. A ciência, por sua vez, muitas vezes utiliza termos da linguagem comum e reelabora seu significado em um contexto específico. Há também a possibilidade do contrário, ou seja, termos “gerados” pela comunidade científica podem ser difundidos pela cultura e crenças populares e serem ressignificados. Ainda em relação a essa dimensão, vale ressaltar que, com o desenvolvimento cada vez mais acelerado das mídias e das tecnologias da informação e comunicação, o sistema educativo formal tem perdido sua primazia como principal fonte de informações científicas. Os meios de comunicação, as redes sociais e as artes podem ser grandes fontes de difusão de concepções alternativas, além de fontes de informações menos críticas e sistemáticas. Desse modo, o primeiro contato dos estudantes com os conceitos científicos nas aulas de ciências é mediado ineludivelmente pela significação cotidiana, decorrendo desse fato a persistência de certas ideias alternativas (Carrascosa, 2005; Pozo e Gómez Crespo, 2013).

Por fim, outra fonte de concepções alternativas é justamente o próprio ensino escolar formal. Tanto os livros didáticos como as explicações docentes podem apresentar explicitamente graves erros conceituais ou explicações pouco adequadas que conduzem os estudantes a uma compreensão errônea acerca de fatos e fenômenos, tais como transposições simplistas, inadequação de analogias e metáforas empregadas e o emprego de obstáculos animistas, realistas, verbais e substancialistas (Carrascosa, 2005; Lopes, 2007; Monteiro e Justi, 2000). Além disso, as próprias opções acerca das abordagens pedagógicas utilizadas em livros ou por professores podem ser fonte de concepções alternativas em função da transmissão de uma imagem de ciência empírico-indutivista, algorítmica e exata, a-histórica, cumulativa e linear e socialmente neutra (Carrascosa, 2005; Loguercio e Del Pino, 2006; Pozo e Gómez Crespo, 2013).

Em virtude de o contexto conceitual do tema “estrutura da matéria e reação química” ser central para a compreensão da química, faz-se mister que estratégias e recursos didáticos estejam adequados científica e pedagogicamente a fim de propiciarem a aprendizagem de conceitos aceitos pela comunidade científica em contraposição às concepções alternativas apresentadas pelos estudantes.

Em relação a esse aspecto, Furió e Domínguez (2007b) identificaram as deficiências no ensino tradicional dos conceitos de substância e reação química no contexto da Espanha por meio da análise tanto das ideias de professores como das informações e abordagens presentes em Livros Didáticos (LD), uma vez que os professores se apoiam fundamentalmente nos manuais didáticos para o planejamento e para o desenvolvimento de suas aulas. De acordo com os autores, no contexto espanhol, as dificuldades conceituais e epistemológicas dos professores e as carências dos LD de Química sobre as conceitualizações acerca da estrutura da matéria e das reações químicas podem ser resumidas nos seguintes aspectos: (1) oferece-se, no geral, unicamente os aspectos simbólico e submicroscópico de substância e reação química; (2) não se dá importância à definição operacional (macroscópica) de substância e sua diferença de misturas; (3) introduz-se os conceitos e leis ponderais e volumétricas das

reações químicas direta e arbitrariamente por meio do modelo atômico-molecular clássico, não se apresentando os problemas macroscópicos, como fenômenos ou fatos em que os conceitos e os modelos são formulados para sua interpretação e, além disso, desconsidera-se as ideias prévias dos estudantes; (4) não se enfatiza a diferença entre composto e mistura tanto no nível macroscópico como submicroscópico; (5) não se enfatiza explicitamente que a simples mistura de substâncias não é suficiente para produzir uma reação química; (6) não se dá ênfase à explicação de que os produtos de uma reação são distintos das substâncias reagentes; (7) não se explicita a descrição macroscópica de reação química como mudança de substâncias; (8) superpõem-se indiscriminadamente os três aspectos do conhecimento químico (fenomenológico, teórico e representacional); (9) em geral, não se tem em conta referenciais históricos que ajudem os estudantes a situar-se ante um problema e oferecer-lhe soluções, mas se apresenta um conjunto de conceitos, leis e teorias que se aplica e se aceita como verdade absoluta e inquestionável.

Furió e Domínguez (2007b) concluem que a solução para os problemas de aprendizagem dos estudantes dentro dessa temática da Química passaria por uma abordagem em que se realizaria o estudo macroscópico do fenômeno, a introdução dos conceitos operacionais (macroscópicos) envolvidos e, apenas posteriormente, a conceitualização submicroscópica e representacional por meio de modelos e símbolos. Essa abordagem deveria, pautada na História e Filosofia da Ciência, realizar-se de modo problematizado e investigativo, no qual os conceitos seriam introduzidos para darem respostas aos problemas históricos que foram surgindo, além das novas questões que são conseqüentemente geradas a partir da introdução de cada conceito.

No contexto brasileiro sobejamente se reconhece que os LD, ao lado das apostilas, tem sido o principal recurso didático utilizado em sala de aula, que são uma das mais importantes referências de consulta para planejamento dos professores e que exercem forte influência na prática de ensino desenvolvida nas escolas brasileiras (Bego e Terrazan, 2015; Fracalanza e Megid Neto, 2006; Guimarães, 2011; Lopes, 2007; Prado, 2016). O mesmo é corroborado por pesquisas realizadas no contexto europeu (Brickhouse, 1993; Furió e Domínguez, 2007b). Desse modo, pode-se afirmar que a abordagem do tema estrutura da matéria e reações químicas nos LD de Química tem forte incidência na prática dos professores e pode induzir a problemas de aprendizagem nos estudantes.

Com relação à qualidade dos LD no Brasil, desde 1997, as obras a serem utilizadas nas escolas públicas têm sido avaliadas por especialistas no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que tem como intuito "garantir a qualidade do material a ser encaminhado à escola, incentivando a produção de materiais cada vez mais adequados às necessidades da educação pública brasileira" (Ministério da Educação Brasil, 2008, p. 34).

No cenário das políticas públicas educacionais, o PNLD é apontado com um dos maiores programas de LD do mundo, em função da grande distribuição e do volume de investimento. Alguns especialistas apontam que o programa tem assumido "proporções gigantescas" sem paralelo na

história do Brasil (Höfling, 2000, p.160). Apesar de algumas críticas realizadas ao programa (Gramowski, Delizoicov e Maestrelli, 2017), de acordo com Mantovani (2009), é possível afirmar que o PNLD tem sido fator decisivo nos avanços na qualidade tanto editorial quanto dos conteúdos dos LD distribuídos para as escolas da rede pública no Brasil, o que tem garantido, minimamente, o controle da qualidade das obras didáticas que são utilizadas pelos professores que atuam na Educação Básica.

Todavia, mesmo após a implementação do PNLD, diversos trabalhos têm identificado alguns problemas conceituais e/ou didático-pedagógicos em LD das diversas disciplinas da área de Ciências da Natureza aprovados no programa (Cássio, Cordeiro, Corio, e Fernandez, 2012; Paesi, 2018; Pinhão e Martins, 2012; Rosa, Cótica e Pereira, 2016; Toledo e Ferreira, 2015). Fato que aponta para a necessidade de aprofundamento das investigações pela comunidade acadêmico-científica desses importantes manuais amplamente utilizados por professores da Educação Básica.

No ano de 2013, em mais um edital do PNLD, foram inscritos, avaliados e selecionados LD de Ensino Médio para diversos componentes curriculares da rede escolar pública brasileira, dentre eles Química (Ministério da Educação Brasil, 2013). As obras passaram por triagem em caráter eliminatório, com o objetivo de examinar os aspectos físicos e atributos editoriais, em conformidade com os requisitos estipulados em edital. Passadas pela triagem e garantidas as especificações técnicas, as obras são submetidas à avaliação de especialistas quanto a critérios didático-pedagógicos.

Após esse processo de avaliação, os LD de Química selecionados pelo PNLD foram divulgados, juntamente com uma resenha, destacando suas especificidades, qualidades e limitações, no Guia de LD de Química do Ensino Médio - PNLD 2015 (Ministério da Educação Brasil, 2014). Esse guia e amostras dos LD selecionados são enviados a professores de Química das escolas públicas participantes do PNLD 2015 de todo o país a fim de que os mesmos façam a escolha das obras a serem adotadas nas respectivas escolas. Para o ano de 2015 foram selecionados pelo PNLD quatro coleções de LD de Química apresentados no Quadro 1, que são objeto de análise neste trabalho.

A partir desse contexto, considerando a importância e a imprescindibilidade da temática estrutura da matéria e reações químicas para o aprendizado significativo de Química; considerando os avanços e contribuições do PNLD para a melhoria da qualidade dos LD de Química, bem como a quantidade de investimento do erário nacional nesse programa; e considerando o papel influente e decisivo do LD nas práticas de ensino de Química nas escolas brasileiras, esse trabalho tem como objetivo avaliar o conteúdo e a abordagem dados ao tema estrutura da matéria e reações químicas nos LD de Química aprovados pelo PNLD 2015 frente aos critérios estabelecidos por Furió e Domínguez (2007b).

Procedimentos metodológicos

Este estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa documental com a utilização de instrumentos escritos. Sá-Silva, Almeida e Guidani (2009) conceituam documento como uma declaração escrita, oficialmente reconhecida, que produz um registro e que utilizado de maneira adequada

pode responder aos objetivos da pesquisa. A utilização de documentos se destina à busca de informações factuais nas fontes originais, também denominadas primárias, sem tratamento ou manipulação dos dados, a partir de questões e hipóteses de pesquisa. De acordo com os autores, quando se utiliza documentos originais para a pesquisa empírica deve-se utilizar técnicas adequadas de manuseio e análise de modo que o processo seja homogêneo, sistemático e representativo para todos os documentos. Assim, um dos modos de se realizar análise de documentos envolve a utilização de instrumentos especialmente construídos a fim de sistematizar o manuseio, a coleta e a análise de dados a partir dos objetivos de pesquisa.

A análise documental qualitativa do conteúdo e da abordagem dos dados referentes ao tema estrutura da matéria e reações químicas nos 4 LD aprovados e distribuídos pelo PNLD 2015 (Tabela 1) foi realizada utilizando-se uma adaptação (em função da atualização de conceitos) do instrumento produzido por Furió e Dominguez (2007b).

LEGENDA	REFERÊNCIA COMPLETA DA OBRA
I	ANTUNES, M. T. (2013). <i>Ser Protagonista - Química</i> . v.1. 2. ed. São Paulo: Edições SM.
II	FONSECA, M. R. M. (2013). <i>Química</i> . v.1. 1. ed. São Paulo: Editora Ática.
III	MORTIMER, E. F., e MACHADO, A. H. (2013). <i>Química</i> .v.1. 2. ed. São Paulo: Editora Scipione.
IV	SANTOS, W. L. P., e MÔL, G. S. (Coord.) (2013). <i>Química Cidadã</i> . v.1. 2. ed. São Paulo: Editora AJS.

Tabela 1.- LD de Química do PNLD 2015.

O instrumento é constituído de 30 afirmações para as quais se deve responder afirmativa ou negativamente. As 30 afirmações estão divididas em quatro subseções: substância e mistura; substâncias simples e compostas; elemento químico e reações químicas. Nessas subseções os conteúdos são sempre avaliados do ponto de vista macroscópico e submicroscópico.

A análise foi realizada nos 4 LD apresentados na Tabela I de forma independente pelos pesquisadores. Os itens de avaliação, nos quais houve discrepância na análise, foram ampla e criticamente discutidos. Depois, individualmente, as obras foram reavaliadas a fim de dirimir as divergências de critério. Após consenso analítico, os resultados foram tabulados e discutidos.

Assim, a partir dessa sistemática analítica, buscou-se avaliar as obras brasileiras com foco em uma temática específica da química, considerada basilar para o processo de ensino e aprendizagem, mediante a utilização de um instrumento validado em âmbito internacional. Nesse sentido, realizou-se a avaliação das obras em dois movimentos analíticos. O primeiro movimento se referiu à análise do conteúdo e da abordagem dados ao tema estrutura da matéria e reações químicas em cada um dos LD de Química. O segundo movimento consistiu em realizar, a partir das análises individuais, a comparação entre os LD brasileiros, frente aos critérios de qualidade fixados pelo instrumento, bem como comparações indiretas com os LD

espanhóis em relação à avaliação realizada por Furió e Domínguez (2007b), com a finalidade de permitir traçar um panorama da qualidade das obras brasileiras em um contexto internacional.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos adotados são apresentados a seguir de acordo com cada uma das subseções contidas no instrumento de análise. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a subseção "Substância e Mistura".

ITEM	SUBSTÂNCIA E MISTURA, MACRO E MICRO	LIVRO			
		I	II	III	IV
1	Não introduz o problema a ser estudado como uma situação-problema que gere interesse em ser resolvida.	F	F	F	F
2	Não introduz a noção macroscópica de substância como um sistema material ou conjunto de propriedades características.	F	F	F	F
3	Não diferencia substância de mistura a partir das propriedades como um sistema material em questão.	F	F	F	F
4	Não utiliza as propriedades específicas como método de caracterização e também para separar substâncias.	F	F	F	F
5	Não expõe que as substâncias não se transformam nas transformações físicas.	F	V	V	F
6	Não apresenta a substância do ponto de vista submicroscópico, como sistema formado por muitas partículas iguais.	V	V	F	F
7	Não apresenta microscopicamente o conceito de mistura a partir a teoria atômica.	V	V	V	V
8	Não se faz referências a comentários históricos sobre o desenvolvimento do conceito de substância.	V	F	F	F
9	Não se faz referência a que os estudantes identificam o conceito de substância com a ideia mais geral de matéria (que quase sempre é uma mistura)	V	V	V	V
10	Não há referência ao fato de que os alunos identificam, em nível submicroscópico, a substância com a substância simples, ou seja, átomos isolados ou moléculas formadas por átomos iguais.	V	V	V	V

Tabela 2.- Análise dos LD de Química do PNL 2015 na subseção Substância e Mistura. Fonte: Adaptado de Furió e Domínguez (2007b).

Como primeiro aspecto importante, vale destacar que, ao contrário do constatado por Furió e Domínguez (2007b) para os livros espanhóis, os conceitos em questão não aparecem sinteticamente em um único capítulo ou em capítulos subsequentes, em qualquer dos quatro LD brasileiros analisados. Cada um dos LD propõe uma sequência de capítulos e seções que buscam introduzir os conceitos analisados em sequências diferentes, mostrando que os autores estruturaram os conteúdos a partir de suas diferentes propostas didático-pedagógicas e não a partir de uma sequência tradicional caracteristicamente encontrada antigamente em diversos LD brasileiros (Lopes, 2007; Schnetzler, 1981).

No tocante à abordagem teórico-metodológica para o ensino do tema estrutura da matéria e reações químicas, Furió e Domínguez (2007b) advogam pela utilização de uma abordagem problematizadora e

investigativa, com os conceitos e modelos científicos sendo gradualmente introduzidos aos estudantes dando respostas a problemas históricos. Nessa direção, destaca-se a organização dos capítulos dos LD analisados que apresentam os conceitos desde uma contextualização mais simples até abordagens investigativas mais complexas (item 1). As investigações propostas apontam para questões relacionadas a contextos envolvendo relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), tais como: produtos naturais e sintéticos, combustíveis, degradação e poluição ambiental (Antunes, 2013); mudanças climáticas, camada de ozônio, poluição eletromagnética (Fonseca, 2013); consumismo, reciclagem, lixo e consumo sustentável, poluição atmosférica e aquecimento global, química e agricultura (Santos e Mol, 2013); composição química do planeta Terra e atividade humana, tratamento de água, padrões de consumo e de produção de lixo (Mortimer e Machado, 2013).

Em relação à problematização é necessário enfatizar que a organização dos conteúdos do LD III se dá de uma forma fortemente investigativa por meio de situações-problema, muitas vezes de cunho experimental, em que fica a cargo do professor, ao longo do desenvolvimento de tais atividades, construir e sintetizar conceitos com os alunos. De acordo com Mortimer e Machado (2013, p.329):

[...] nossa obra aborda os conceitos químicos diretamente relacionados aos contextos de aplicação. Para cada tema, duas instâncias de abordagem estarão presentes: a conceitual e a contextual. O objetivo é promover uma tensão dialética, no sentido de que, se um tema for predominantemente conceitual, de certa forma, é o conceito que organiza a estrutura de abordagem. Se o tema é mais contextual, é o contexto que organiza os desdobramentos conceituais.

Outro aspecto que chama a atenção na análise dos LD é a preocupação em discutir o conceito de substância a partir de uma análise macroscópica, incluindo as definições operacionais, para posterior introdução do conceito no nível submicroscópico. Os quatro LD analisados foram avaliados positivamente em relação à caracterização de uma substância frente a uma mistura a partir de propriedades físicas. Essa perspectiva se concretiza nos LD a partir de textos que discutem de maneira geral as propriedades específicas da matéria (densidade e ponto de fusão/ebulição), posteriormente atrelados aos métodos de separação de misturas (itens 2, 3 e 4). Contudo, apenas os LD I e IV fazem menção direta ao fato de que em uma transformação física as substâncias não se alteram (item 5).

Os processos em que não ocorrem mudanças na constituição das substâncias presentes no material são denominados processos físicos. Os processos em que ocorrem mudanças na constituição do material por causa de formação de nova(s) substância(s) são denominados transformações químicas, também chamados reações químicas (Santos e Mol, 2013, p.14).

Os LD I e II, ainda que busquem discutir os estados de agregação da matéria, não fazem menção explícita à substância como sistema formado por partículas iguais (ponto de vista submicroscópico). Já os LD III e IV propõem a análise de fenômenos como forma de discutir a existência de partículas e de espaço entre elas a fim de encadear uma linha de raciocínio

a favor da constituição corpuscular da matéria (item 6). Todavia, nenhum dos LD analisados realizou discussão sobre a composição (nível submicroscópico) das misturas e sua relação com as propriedades físicas do sistema em análise (item 7).

Os livros brasileiros vêm cada vez mais introduzindo aspectos históricos no corpo de seus textos. O aspecto histórico é bastante destacado por Furió e Domínguez (2007a) em função da similaridade entre as dificuldades dos estudantes e as dificuldades que a comunidade científica necessitou superar ao longo do desenvolvimento histórico dos conceitos. Excetuando-se o LD I, os demais abordam elementos histórico-filosóficos em diferentes níveis que trazem partes do desenvolvimento do conceito de substância ao longo da história da Química. Todos os livros abordam a teoria dos quatro elementos de Aristóteles no interior do arcabouço teórico da alquimia como introdução de uma discussão que leva à superação dessa concepção com a proposição do oxigênio por Lavoisier, bem como as definições operacionais de substância química como sistema com composição fixa e empírica de substâncias simples que, por sua vez, não podem ser decompostas em outras mais simples (item 8).

A ideia de que as substâncias são constituídas por uns poucos elementos é muito antiga. Aristóteles, por exemplo, falava na existência de quatro elementos: água, ar, terra e fogo. Os elementos aristotélicos não tinham o mesmo sentido de hoje [...] A ideia de elemento foi sendo alterada com o tempo. Lavoisier, por exemplo, definia substância elementar como aquela que não podia ser decomposta por meio dos processos químicos conhecidos na época [...] O mesmo critério usado por Lavoisier foi adotado durante todo o século XIX, apesar de não permitir afirmar com segurança que substâncias eram realmente elementares. O desenvolvimento de técnicas de decomposição das substâncias possibilitou que algumas delas, anteriormente consideradas elementares, viessem a ser decompostas (Mortimer e Machado, 2013, p. 168).

Em relação às concepções alternativas apresentadas pelos alunos, os LD não fazem menções explícitas aos alunos associarem o conceito de substância com uma noção genérica de material, nem de identificarem o conceito de substância com o de substância simples (itens 9 e 10). Esses dois aspectos podem estar relacionados à opção dos autores em não apresentar no corpo do texto principal as concepções errôneas dos estudantes por considerarem que isso não contribui para a aprendizagem dos conceitos, que essas informações poderiam ser fonte de confusão para os professores e estudantes e/ou que essas informações são relevantes apenas para os professores. Em relação a esses aspectos, os LD III e IV se destacam por apresentarem uma extensa bibliografia sugerida ao professor para compreensão da abordagem teórico-metodológica das obras. Particularmente, o LD III possui uma seção no interior do manual do professor em que artigos da área de Ensino de Ciências são sugeridos com apontamentos específicos em relação às concepções alternativas dos estudantes dentro da temática.

A análise da subseção "Substância simples e composta", é apresentada na Tabela 3.

ITEM	SUBSTÂNCIA SIMPLES E COMPOSTA, MACRO E MICRO	LIVRO			
		I	II	III	IV
11	Classifica as substâncias em: a) Simples e compostas b) Elementos e substâncias compostas c) Identifica explicitamente elemento com substância simples d) Não classifica	a	a	a	a
12	Não classifica as substâncias a partir do estudo de reações de análise e síntese introduzindo critérios empíricos de classificação.	F	F	V	V
13	Não introduz o conceito de substância simples em contexto macroscópico antes de introduzir o conceito atomista de elemento.	F	F	V	F
14	Não interpreta os conceitos microscópicos de substância simples e composto do ponto de vista da teoria atômica.	F	F	V	F
15	Não destaca as diferenças que existem a nível macroscópico entre substância composta e mistura.	F	F	F	F
16	Não há referência ao fato de que os alunos tendem a identificar, a nível submicroscópico, os conceitos de mistura e composto.	V	V	V	V
17	Não torna explícito que uma substância composta difere da mera mistura de substâncias simples das quais se pode obtê-la, ou nas quais a mesma pode se decompor.	V	V	V	V
18	Não explica que a palavra molécula faz referência a grupos formados por dois ou mais átomos iguais ou diferentes.	V	F	F	F
19	Não distingue entre os conceitos de elemento e átomo e de substância composta e molécula.	V	F	V	F
20	Não delimita o campo de validade dos níveis de estudo macro e submicroscópico nem tampouco evita que se extrapolem as propriedades das substâncias às das moléculas.	F	F	F	F
21	Não expõe a teoria de Dalton como uma ferramenta que permite explicar as propriedades das substâncias, que relaciona a distribuição dos átomos para dar uma explicação às propriedades macroscópicas.	F	F	V	F
22	Não leva em conta os problemas históricos superados para introduzir o conceito macroscópico de composto e as controvérsias ocorridas na diferenciação da decomposição dos compostos.	V	V	V	V

Tabela 3.- Análise dos LD de Química do PNLD 2015 na subseção Substância Simples e Composta. Fonte: Adaptado de Furió e Domínguez (2007b).

Ao contrário dos LD espanhóis, como apontado por Furió e Domínguez (2007b), nenhum dos livros brasileiros comete o erro conceitual de associar explicitamente elemento à substância simples, além de classificarem corretamente as substâncias em substâncias simples e compostas (item 11). Os LD I e II apresentam seções específicas em que são discutidas as reações de síntese e análise (item 12), sendo ainda os mesmos a delimitarem campos de validade para os níveis de estudo macro e micro, evitando que se extrapolem as propriedades macroscópicas de uma substância às suas partículas. Os LD I, II e IV introduzem o conceito de substância simples no contexto macroscópico antes da introdução do modelo atomista de elemento químico, reinterpretando os conceitos de

substância simples e composta a partir do ponto de vista da teoria atômica (itens 13 e 14), destacando ainda as diferenças macroscópicas entre substância composta e mistura (item 15). Em relação a esse aspecto, ao apresentar o modelo atômico de Dalton, os LD I, II e IV buscam apresentar a teoria como uma explicação para as propriedades físicas das substâncias e para as leis ponderais e volumétricas. Além disso, todos os LD delimitam os níveis macro e submicroscópico, procurando evitar a substancialização das propriedades macroscópicas para as espécies submicroscópicas (itens 20 e 21). Esse fato evidencia um avanço bastante expressivo na qualidade da precisão dos conceitos científicos veiculados pelos LD brasileiros de Química aprovados no PNLD 2015 em relação aos antigos LD de Química utilizados em nosso país (Lopes, 2007; Schnetzler, 1981), e em relação aos LD espanhóis analisados por Furió e Domínguez (2007b).

Os LD II, III e IV explicitam que uma molécula é um agrupamento de átomos iguais ou diferentes (item 18), enquanto que apenas no LD I não há qualquer menção à definição de molécula relacionada ao agrupamento de átomos. Os estudos sobre as concepções alternativas destacam que, em geral, os alunos identificam os conceitos de elemento e átomo, assim como associam substâncias compostas com mistura e/ou com molécula. Todavia, nenhum dos livros analisados faz referência ao fato de que os alunos costumam associar, em nível submicroscópico, os conceitos de mistura e substância composta (item 16), assim como também não tornam explícito que uma substância composta difere da mera mistura de substâncias simples das quais se pode obtê-la, ou nas quais a mesma pode se decompor (item 17). Apenas os LD II e IV fazem a diferenciação explícita entre os conceitos de elemento e átomo, composto e molécula (item 19). Destacando-se a importância dessa diferenciação, discutida por Furió e Domínguez (2007a), consideramos que esses aspectos devam ser melhor desenvolvidos nos livros brasileiros.

Outro aspecto deficitário dos LD é que nenhum aponta os problemas históricos que tiveram que ser superados para a introdução do conceito macroscópico de composto, como as controvérsias relacionadas ao problema de sua decomposição, por exemplo. Ainda que os livros tragam elementos de História da Ciência para a definição do conceito de substância, as abordagens para a diferenciação entre mistura e substância composta são inadequadas, havendo omissões importantes, tal como a discussão entre Proust e Berthollet, considerada central por Furió e Domínguez (2007a), essencial para o avanço da Química Clássica (item 22).

Os itens 23 e 24 referem-se à análise do conceito de elemento químico do ponto de vista micro e macroscópico, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Como destacado anteriormente, os alunos, em geral, acreditam que os átomos são versões microscópicas dos elementos químicos. Os LD analisados não oferecem a ideia macro de elemento químico como último componente da análise das substâncias compostas, assim como também não definem microscopicamente elemento químico como um conjunto de átomos iguais (itens 23 e 24). Esses resultados apresentam outro grande avanço dos livros brasileiros em relação aos livros espanhóis, já que segundo Furió e Domínguez (2007b), a maioria dos LD do país,

equivocadamente, identifica os conceitos de substância simples e elemento.

ITEM	ELEMENTO QUÍMICO, MACRO E MICRO	LIVRO			
		I	II	III	IV
23	Não se oferece a ideia macroscópica de elemento químico como o último componente da análise das substâncias compostas.	V	V	V	V
24	Não se define microscopicamente o elemento químico como um conjunto de átomos iguais.	V	V	V	V

Tabela 4.- Análise dos LD de Química do PNLD 2015 na subseção Elemento Químico. Fonte: Adaptado de Furió e Domínguez (2007b).

Por fim, apresentamos na Tabela 5 a análise para a subseção “Transformações químicas” do ponto de vista macro e submicroscópico.

ITEM	TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA, MACRO E MICRO	LIVRO			
		I	II	III	IV
25	Não apresenta o conceito macroscópico de reação química como uma transformação em que substâncias são modificadas em outras novas com propriedades diferentes, porém relacionadas com as iniciais.	F	F	V	F
26	Não estabelece a ideia de elemento químico como resposta a questão: o que se conserva em uma transformação química?	V	F	V	V
27	Não diferencia mistura (processo físico) e a reação entre substâncias (processo químico), nem tampouco indica que a mistura dos reagentes é necessária para que as substâncias interajam, porém insuficiente.	V	V	V	V
28	Não explica a diferença entre transformação física e processo químico em nível submicroscópico.	V	F	V	V
29	Não utiliza a teoria atômica para interpretar processos químicos passíveis de interesse pelos alunos.	V	F	V	V
30	Não explica que a aceitação da teoria atômica de Dalton acaba com a possibilidade da transmutação dos metais em ouro.	V	V	V	V

Tabela 5.- Análise dos LD de Química do PNLD 2015 na subseção Transformação Química. Fonte: Adaptado de Furió e Domínguez (2007b).

Furió e Domínguez (2007b) destacam em sua análise que os livros espanhóis não enfatizam que os produtos de uma reação são distintos das substâncias reagentes. Com exceção do LD III, os livros brasileiros fazem menção explícita do conceito macroscópico de reação química como uma transformação na qual as substâncias iniciais são modificadas em outras novas com propriedades diferentes, porém relacionadas com as iniciais (item 25). Todavia, os quatro livros também não fazem qualquer discussão acerca da diferença entre mistura e reação química, apontando que para que uma reação ocorra os reagentes devem ser misturados, sem que isso seja exclusivamente o suficiente. Apesar de iniciarem a discussão acerca da estrutura da matéria a partir de fenômenos e propriedades macroscópicas, analisando propriedades físicas e químicas, os LD I, III e IV não introduzem uma coerente reinterpretação submicroscópica das transformações físicas e químicas de forma comparativa e explícita que vise sanar problemas

conceituais acerca de tais fenômenos. O LD II se utiliza de imagens para representar a formação de substâncias entre as quais encontram-se o modelo de esferas para os átomos, o que discutiremos adiante. Ainda assim, não há de modo mais sistematizado a derivação do modelo corpuscular da matéria a partir da Teoria Atômica de Dalton para interpretação das reações químicas, nos livros analisados. No caso do LD I, os modelos atômicos são introduzidos no Capítulo 6 da Unidade 3, mas as reações químicas são analisadas no Capítulo 11 da Unidade 6. É somente nessa seção que, após uma extensa pausa na abordagem de transformações químicas, o livro retoma tal questão trabalhando com reações de combustão ou de oxidação de metais, abordando posteriormente reações como a produção de amônia ou a precipitação de metais. Os LD III e IV apresentam uma série de reações específicas bastante ligadas à química analítica, tal como processos de precipitação envolvendo cátions e ânions pertinentes a um conhecimento químico mais técnico. Porém, chama à atenção nesses livros a inexistência de uma retomada dos tipos de reação a partir de uma interpretação submicroscópica. Em geral, após a apresentação dos tipos de reações, os livros trabalham exclusivamente com o aspecto representacional das reações químicas, mas não com modelos que remetam às transformações ocorridas em nível macroscópico.

Somente o LD II estabelece a ideia de que um elemento químico é o que se conserva em uma transformação química, e explica a diferença entre transformação física e processo químico em nível submicroscópico (itens 26, 28 e 29). O LD II apresenta figuras para representar em nível submicroscópico as reações químicas a partir do modelo corpuscular, apresentando reações como a formação da água, do gás carbônico, ou mesmo a combustão do metano e do butano.

A água e o gás carbônico possuem propriedades totalmente diferentes das do metano e do oxigênio, portanto houve transformação química, mas os átomos de cada elemento permaneceram inalterados durante esse processo de transformação, o que está de acordo com a lei de conservação das massas de Lavoisier (Fonseca, 2013, p. 120).

Esse é, em nosso entendimento, outro ponto que necessita ser melhor trabalhado nos LD brasileiros, em função das concepções alternativas dos estudantes acerca da associação indiscriminada entre mistura e substância composta, em que uma reação química é a mera adição das substâncias iniciais, conforme identificado por Furió e Domínguez (2007a).

Finalmente, ainda que mencionem ao longo de seus textos históricos que a transmutação dos metais em ouro fazia parte dos objetivos dos alquimistas e que a mesma estava fundamentada na teoria dos quatro elementos aristotélicos, nenhum livro faz menção direta ao fato de que os avanços no entendimento sobre as características e leis das reações químicas, propiciados pela teoria atômica de Dalton, refutam empírica e teoricamente essa possibilidade (item 30). Reiterar esse aspecto durante a discussão da temática "reações químicas" nos parece imprescindível em função de alguns estudantes conceberem que é possível transmutar os elementos em uma transformação química.

Conclusões

Em relação aos conceitos de substância e mistura, o resultado da análise dos LD de Química aprovados pelo PNLD 2015, a partir do instrumento desenvolvido por Furió e Domínguez (2007b), mostra que as obras brasileiras avançaram expressivamente ao abordar a construção histórica do conceito de substância, utilizar situações que visam favorecer o interesse dos estudantes, bem como iniciar com a introdução macroscópica do conceito de substância e sua diferenciação do conceito de mistura. Outrossim, os LD se destacam pela abordagem didático-pedagógica inovadora e por não veicularem graves erros conceituais dentro da temática. Como aspecto negativo, podemos destacar que não há a diferenciação explícita entre o conceito de substância e mistura do ponto de vista submicroscópico.

Em relação a esse conjunto de itens analíticos, percebe-se que os LD de Química brasileiros ainda apresentam algumas lacunas no que tange à relação entre os três aspectos do conhecimento químico e à apresentação dos fatos macroscópicos como problemas que são explicados por meio de construções teóricas e de modelos submicroscópicos. Em específico, a falta de ênfase e de explicitação na diferença entre composto e mistura no nível submicroscópico pode não fornecer subsídios para que os estudantes avancem para compreensões diferentes das concepções que associam mistura com substância composta ou composto químico como uma mistura aleatória de átomos.

No que tange aos conceitos de mistura, substância composta, substância simples e elemento, os livros brasileiros, ao contrário do identificado por Furió e Domínguez (2007b) para os LD espanhóis, não veiculam erros conceituais relacionados a associar os conceitos de substância simples e elemento e definir elemento como um conjunto de átomos iguais. Porém, há a ausência da discussão histórica acerca das controvérsias sobre a decomposição de substâncias compostas e a separação de misturas e os debates sobre a introdução de conceito de composto. Como apontado por Furió e Domínguez (2007a) e Furió, Domínguez e Guisasola (2012), a discussão desses aspectos podem contribuir significativamente para o aprendizado desses conceitos.

A temática das transformações químicas e sua relação explícita com os conceitos de mistura, substância composta, substância simples e elemento, se constitui, à luz do instrumento de análise utilizado nesse trabalho, no aspecto mais problemático dos LD brasileiros. Em geral, nos primeiros volumes das coleções, os livros oferecem a representação macroscópica de reação química como transformação de substâncias, porém não enfatizam explicitamente a interpretação atomista do processo de rearranjo dos átomos em uma reação química, diferenciando assim esse processo químico de uma transformação física. Do mesmo modo, não há a discussão e a diferenciação entre os fenômenos transformação química e transmutação, nem a discussão de que em uma reação química há a conservação de elementos químicos no interior do primeiro volume das coleções analisadas.

Esses fatores são essenciais para o correto entendimento das transformações químicas, segundo Furió e Domínguez (2007a; b), uma vez

que os estudantes tendem a conceber que a transformação de substâncias equivale à transmutação de elementos, além de não utilizarem a interpretação atômica para explicar uma reação química e, conseqüentemente, considerarem que é possível destruir e criar matéria.

Vale destacar um aspecto que não se constitui em um problema propriamente dito, nas obras, mas de opção dos autores. Os autores poderiam analisar a pertinência da explicitação, no texto principal dos LD, das concepções alternativas dos estudantes, amplamente descritas na literatura acadêmico-científica, para os conceitos de substância, mistura, substância simples, substância composta, elemento e reação química, uma vez que podem funcionar como importantes contraexemplos (Sanmartí, 2002) no processo de ensino e aprendizagem, assim como sugerem Furió, Domínguez e Guisasola (2012).

Portanto, a partir dos dados empíricos desse trabalho, é possível concluir que os LD de Química do PNLD 2015, frente aos critérios estabelecidos por Furió e Domínguez (2007b) para o tema estrutura da matéria e reações químicas, apresentam conteúdo e abordagem bastante adequados, sobretudo no que diz respeito à não veiculação de graves erros ou imprecisões conceituais e à diferenciação dos aspectos fenomenológico, teórico e representacional do conhecimento químico, com a delimitação da validade dos níveis de estudo macro e submicroscópico. Cabe sublinhar a necessidade de se avançar no estabelecimento de relações sistemáticas e explícitas entre as discussões sobre estrutura da matéria e as reações químicas tanto para o nível macro quanto submicroscópico.

Esses resultados apontam para o incremento da qualidade dos LD de Química no PNLD 2015 quando comparados aos produzidos e utilizados nas últimas décadas no Brasil (Lopes, 2007; Schnetzler, 1981) e, particularmente, maior qualidade que os LD espanhóis analisados por Furió e Domínguez (2007b). Incremento que, a despeito das críticas realizadas por alguns estudiosos, destaca e reitera a importância do PNLD na seleção e distribuição de obras didáticas a partir de critérios mínimos de qualidade editorial, técnica e, mais importante, de correção do conteúdo científico veiculado e da consistência da abordagem didático-pedagógica.

Referências bibliográficas

Antunes, M. T. (2013). *Ser Protagonista – Química*. São Paulo: Edições SM.

Bego, A. M., e Terrazzan, E. A. (2015). Características das apostilas de Ciências da Natureza produzidas por um Sistema Apostilado de Ensino e utilizadas em uma Rede Escolar Pública Municipal. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(1), 59-83.

Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 235-246.

Brickhouse, N. W. (1993). What counts as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education*, 77(2), 115-129.

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o

mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.

Cássio, F. L., Cordeiro, D. S., Corio, P., e Fernandez, C. (2012). O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 595-619.

Fonseca, M. R. M. (2013). *Química*. São Paulo: Editora Ática.

Fracalanza, H., e Megid Neto, J. (2006). *O Livro Didático de Ciências no Brasil*. Campinas: Editora Komedi.

Furió, C., e Domínguez, M. C. (2007a). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258.

Furió, C., e Domínguez, M. C. (2007b). Deficiencia en la enseñanza habitual de los conceptos macroscópicos de sustancia y de cambio químico. *Journal of Science Education*, 8(2), 84-92.

Furió, C., Domínguez, M. C., e Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-128.

Furió, C., Solbes, J., e Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación: resultados y perspectivas. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 1(48), 64-77.

Giordan, M. (2008). *Computadores e Linguagens nas Aulas de Ciências*. Ijuí: Ed. Unijuí.

Gramowski, V. B., Delizoicov, N. C., e Maestrelli, S. R. P. (2017). O PNLD e os guias dos livros didáticos de ciências (1999-2014): uma análise possível. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 19(e2571), 1-18.

Guimarães, F. M. (2011). *Como os professores de 6º ao 9º anos usam o Livro Didático de Ciências* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

Höfling, E. M. (2000). Notas para discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. *Educação & Sociedade*, 21(70), 159-170.

Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom like they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.

Loguercio, R. Q., e Del Pino, J. C. (2006). Contribuições da História e Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. *Acta Scientiae*, 8(1), 67-77.

Lopes, A. C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Ed. Unijuí.

Mantovani, K. P. (2009). *O Programa Nacional do Livro Didático – PNLD: impactos na qualidade do ensino público* (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, Brasil.

Ministério da Educação Brasil (2008). *Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de coleções didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2011*. Brasília: Secretaria de Educação Básica. Recuperado de ftp://ftp.fnde.gov.br/web/livro_didatico/edital_pnld_2011.pdf.

Ministério da Educação Brasil (2013). *Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2015*. Brasília: Secretaria de Educação Básica. Recuperado de <https://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/consultas/editais-programas-livro/item/4032-pnld-2015>.

Ministério da Educação Brasil (2014). *Guia de livros didáticos: PNLD 2015 – Química - ensino médio*. Brasília: Secretaria de Educação Básica. Recuperado de <https://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>.

Monteiro, I. G., e Justi, R. S. (2000). Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 67-91.

Moreira, D. A. (2004). *O Método Fenomenológico na Pesquisa*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Mortimer, E. F., e Machado, A. H. (2013). *Química*. São Paulo: Editora Scipione.

Mortimer, E. F., Machado, A. H., e Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 23(2), 273-283.

Paesi, R. A. (2018). Evolução humana nos livros didáticos de Biologia: o antropocentrismo em questão. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 143-166.

Pinhão, F., e Martins, I. (2012). O discurso sobre saúde e ambiente no livro didático de ciências brasileiro. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 342-364.

Pozo, J. I., e Gómez Crespo, M. A. (2013). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.

Prado, K. F. (2016). *Livros didáticos e concepções de professores: a História da Ciência no ensino de Equilíbrio Químico* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista (UNESP) Bauru, Brasil.

Rosa, C. T. W., Cótica, R. P., e Pereira, L. H. (2016). Analogias no estudo de eletricidade nos livros didáticos de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 363-379.

Rosa, M. I. F. P. S., e Schnetzler, R. P. (1998). Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 8, 31-35.

Sá-Silva, J. R., Almeida, C. D., e Guidani, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, 1(1), 1-15.

Sanmartí, N. P. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis.

Santos, W. L. P., e Mól, G. S. (Coord.) (2013). *Química Cidadã*. São Paulo: Editora AJS.

Schnetzler, R. P. (1981). Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978. *Química Nova*, 4(1), 6-15.

Toledo, E. J. L., e Ferreira, L. H. (2015). Transposição didática como reforço de obstáculos epistemológicos em livro texto e em experimentos didáticos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 223-245.

Tontini, A. (2004). On the limits of chemical knowledge. *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(1), 23-46.

Trinidad-Velasco, R., e Garriz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 92-105.