



Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química

Visual resources used in the teaching of atomic models: an analysis of the Chemistry textbooks

Giovanna Stefanello Silva

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria
giwannastefanello@gmail.com

Mara Elisa Fortes Braibante

Departamento de Química/ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria
maraefb@gmail.com

Maurícus Selvero Pazinato

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria
mauriciuspazinato@gmail.com

Resumo

Diversas pesquisas na área de educação em Ciências apontam que a utilização de recursos visuais pode auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos com alto nível de abstração. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar as representações visuais relacionadas ao conteúdo de modelos atômicos dos livros textos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012 na tentativa de compreender seu objetivo didático e sua influência na aprendizagem dos estudantes. Para isso, primeiramente nos baseamos nas categorias propostas por Perales e Jiménez (2002) e em um segundo momento em relação aos níveis de

representação da matéria. Os resultados desse estudo indicam que há uma diversidade na maneira como as imagens são apresentadas em cada livro e que é necessário haver cuidado com a qualidade dos textos e imagens presentes nesse recurso didático, visto que desempenham importante papel no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Livro didático; recursos visuais; modelos atômicos.

Abstract

Several researches in the field of Science education show that the use of visual resources may help the students to understand concepts with high levels of abstraction. In this context, the objective of this study is to analyze the visual representations related to the atomic models content from the Chemistry textbooks approved by the Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012 in the effort to understand its didactic objective and its influence in the apprenticeship of the students. To that end, at first we based our evaluation on the categories proposed by Perales and Jiménez (2002) and subsequently in relation to the levels of representation of the matter. The results of this study show that there is diversity in the way images are presented in each book and that it is necessary to be careful with the quality of the texts and images shown in this didactic resource, considering that they have an important role in the process of teaching and learning.

Keywords: Schoolbook; visual resources; atomic model.

Introdução

O estudo da Química deve proporcionar aos estudantes a capacidade de interpretar fatos e fenômenos do seu cotidiano à luz da teoria científica. Neste sentido, para a compreensão da Química é necessário o entendimento do conceito de átomo, que por exigir certo nível de abstração, não é uma tarefa trivial para os estudantes do ensino médio.

A compreensão da estrutura da matéria, essencial para a continuidade dos estudos em Química, implica na transição entre os diferentes níveis de representação: macroscópico, microscópico e simbólico (JOHNSTONE, 1993; CÁSSIO et al., 2012). Desta forma, pode-se afirmar que independente do aprofundamento do estudo, seja no ensino fundamental ou no médio, é necessário que os estudantes sejam capazes de transitar entre esses níveis para que tenham embasamento teórico para o entendimento da natureza e a interpretação de seus fenômenos. Entretanto, conforme apontam as pesquisas de Pozo (2001), Chittleborough e Treagust (2007), França; Marcondes e Carmo (2009), os estudantes encontram dificuldades em realizar essa transição, visto que para isso devem estabelecer relações entre o microscópico e o macroscópico, além de reconhecerem e relacionarem códigos, símbolos e sinais.

Um dos recursos a que se pode recorrer para amenizar essa dificuldade é a utilização de imagens no ensino de Química. Os recursos visuais desempenham uma função primordial na aprendizagem dos estudantes, se bem utilizados auxiliam na promoção do entendimento de muitos conceitos, sendo mais significativos quando transitam

entre os três níveis de representação. Isso é evidenciado no trabalho de Lemes, Souza e Cardoso (2010) que relaciona o valor didático das imagens com os três aspectos do conhecimento químico propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000) – fenomenológico, teórico-conceitual e representacional. Esses aspectos do conhecimento químico estão relacionados com os níveis de representação citados anteriormente, no qual o fenomenológico corresponde ao macroscópico, que está ligado aos sentidos, ou seja, as relações sociais que os estudantes estabelecem entre a Química e a sociedade. O aspecto teórico-conceitual diz respeito ao nível microscópico, envolve explicações baseadas em modelos abstratos que abrangem entidades não observáveis como átomos e moléculas. Por fim, o aspecto representacional está associado ao nível simbólico, que utiliza a linguagem química, como por exemplo, fórmulas, equações químicas, representações de modelos e gráficos.

Sendo assim, a utilização de imagens pode auxiliar na transição entre esses níveis, aspecto fundamental para a compreensão da estrutura da matéria, que exige dos estudantes elevada capacidade de abstração, pois o foco de estudo são entidades microscópicas (átomos e moléculas) e suas partículas constituintes. Considerando o papel de destaque dos livros didáticos (LD) na educação brasileira (LOPES, 1992; ECHEVERRÍA; MELLO; GAUCHE, 2010; VIDAL; PORTO, 2012) e que esses utilizam em grande quantidade diversos recursos visuais, o objetivo deste trabalho é analisar as representações visuais utilizadas pelos livros de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD – 2012) na abordagem do conteúdo de modelos atômicos.

Para o desenvolvimento desta pesquisa consideramos que a imagem é uma forma de linguagem e, portanto, constitui uma importante ferramenta no entendimento de conceitos abstratos utilizados pela Química e que o livro didático é o recurso mais influente na prática docente e no direcionamento do estudo dos alunos. Esses pressupostos nos conduziram ao questionamento “qual o objetivo didático das imagens utilizadas pelos autores dos LD e a sua influência na aprendizagem dos modelos atômicos?”. Antes de apresentarmos os resultados deste trabalho, discutiremos sobre algumas pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Ciências tendo como foco os LD e o valor didático dos recursos visuais utilizados por esse material. Além disso, descreveremos o método de análise e levantaremos algumas considerações a partir dos resultados obtidos.

Os livros didáticos como foco de pesquisas

Em nossas vivências nas escolas da rede pública de ensino, tanto como professores ou como pesquisadores desenvolvendo nossas investigações, percebemos o papel central que os livros didáticos ocupam no processo de ensino e aprendizagem. Em muitos casos, esse material didático é a principal referência para a organização do currículo escolar, sendo que o planejamento dos conteúdos do ano letivo é feito a partir das considerações de um único LD. Além disso, os estudantes gastam a maior parte do seu tempo de estudo em sala de aula ou em casa com textos, recursos visuais e exercícios apresentados por esses livros. Essas nossas constatações, não são inéditas para a área de ensino de Ciências, pois no Brasil, desde a década de 80 estudos revelam essa realidade (SCHNETZLER, 1981; LAJOLO, 1996). Entretanto, percebemos que as pesquisas

com foco nos LD se intensificaram nas décadas seguintes, e muitas delas justificadas pela abrangência, impacto, importância e utilidade desse recurso no ensino. Deve ficar claro que o intuito deste trabalho não é criticar a utilização dos LD no ensino, pois é inegável sua função didática e presença nas escolas, mas sim contribuir para o aprimoramento da qualidade deste material, bem como suscitar reflexões em relação à maneira como ele vem sendo utilizado por estudantes e professores.

Diversas pesquisas acadêmicas contribuíram significativamente para a qualidade dos atuais LD. Desta forma, acreditamos ser conveniente destacar algumas delas com o intuito de realizar um levantamento dos trabalhos já publicados e situar dentro da área de ensino de Ciências o diferencial da nossa investigação.

Com o objetivo de contribuir para reflexões mais profundas a respeito da utilização do LD nas escolas de ensino médio, Loguercio, Samrsla e Del Pino (2001) realizaram um estudo com 198 professores de Química em relação à dinâmica de analisar os LD. O foco dessa investigação foi evidenciar como os professores escolhem, leem, utilizam e constroem os currículos com auxílio dos LD, bem como os critérios empregados em suas escolhas. Percebeu-se que as principais preocupações dos professores na escolha dos LD estão relacionadas com a valorização excessiva do conteúdo, a presença de exercícios de vestibulares e alguma alusão ao cotidiano. A partir dessas constatações, os autores inferem que a ideia que predomina entre os professores analisados é a de que o conhecimento químico presente nesses livros é tido como certo, definitivo e inquestionável. Outros critérios como atividades experimentais, temas geradores, interdisciplinaridade, linguagem adequada ao aluno, ilustrações com boa qualidade gráfica, entre outros também foram considerados essenciais pelos professores na seleção dos LD, conforme apontam as pesquisas realizadas por Maia, Massena e Wartha (2011) e Megid Neto e Fracalanza (2003).

A contextualização, estratégia fundamental para a construção de conhecimentos significativos, também foi um dos critérios considerados pelos professores e é tema de estudo de Wartha e Faljoni-Alário (2005). Este trabalho analisa os diferentes tipos de contextualização presentes nos LD do ensino médio de Química e os resultados indicam a existência de duas distintas concepções: descrição científica de fatos do cotidiano do aluno e estratégia de ensino e aprendizagem. Além disso, os livros analisados não apresentam termos que contextualizem o conhecimento químico na perspectiva da discussão de temas sociais, ambientais, tecnológicos, éticos e econômicos que forneçam informação ao estudante enquanto cidadão.

Na tentativa de inserir temas que aproximem os conteúdos curriculares com o cotidiano escolar e contribuir para a formação cidadã dos estudantes, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) orientam para que os professores além do desenvolvimento dos conteúdos de Química, abordem alguns aspectos socioculturais e teórico-metodológicos (BRASIL, 2002). Os aspectos socioculturais e preceitos éticos sugeridos pelos PCNEM são: diversidade, meio ambiente, exercício da cidadania, leis e normas de segurança, conhecimento popular e ética na Ciência; já os aspectos teórico-metodológicos compreendem: conhecimento prévio, Ciência como construção coletiva, Ciência como construção histórica, leituras complementares e contextualização. Esses aspectos foram utilizados como critérios para a análise dos LD de Química na pesquisa de Theodoro, Kasseboehmer e Ferreira (2011) e apontam três diferentes concepções de ensino e aprendizagem dos autores dos livros. Essas

concepções se diferenciam pela frequência de atividades que priorizam os aspectos sugeridos pelo PCNEM. A primeira categoria contempla os LD que apresentam uma visão mais tradicional do ensino e a terceira categoria se refere aos LD que propõem atividades que valorizam a participação do estudante na aprendizagem dos conteúdos químicos e no desenvolvimento de habilidades, sendo a segunda uma categoria intermediária. Os autores deste trabalho enfatizam para a importância de os professores do ensino médio interpretarem as diferentes concepções de ensino propostas pelos LD.

Na abordagem do conteúdo de cinética química, as concepções de Ciência dos LD de Química foram tema de estudo de Martorano e Marcondes (2009). Foram analisados 20 LD editados no período de 1929 a 2004 sob o ponto de vista de duas perspectivas filosóficas: empirista/indutivista e racionalista, sendo que a principal diferença entre essas correntes é a ideia de que a Ciência não se desenvolve de forma contínua, e sim através de conflitos entre teorias. Por meio da análise dos LD, observou-se que a perspectiva filosófica que predomina é a empirista/indutivista, ou seja, as características mais frequentes apresentadas para a Ciência são: conjunto de enunciados universais, progresso contínuo e acumulativo. As autoras ainda ressaltam que os LD não são neutros no que diz respeito à imagem de Ciência que transmitem e alertam aos professores que o LD escolhido pode ter influência na visão dos alunos sobre a Ciência.

Outro aspecto a ser considerado nos LD é a abordagem histórica da Ciência, que proporciona aos estudantes a compreensão desta como processo social, não linear e descontínua (SOLBES; TRAVER, 2001; BRASIL, 2002; PORTO, 2010). Neste sentido, o foco do trabalho de Vidal e Porto (2012) é investigar a presença da história da Ciência nos LD de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) - 2007. Os resultados indicam que a história da Ciência nos LD é apresentada de maneira linear e superficial, constando de nomes e datas, desta forma não contribuindo para o entendimento de como a Ciência se desenvolve. Ainda neste trabalho é sugerido que os professores do ensino médio procurem materiais alternativos aos LD se pretendem desenvolver em seus alunos habilidades relativas à história da Ciência.

O conceito de oxidação-redução nos LD de Química também foi alvo de pesquisa. O trabalho de Mendonça, Campos e Jófili (2004) investigou como esse conceito é abordado em 17 livros utilizados no ensino médio. Os resultados revelam que a maioria dos LD analisados faz referência pouco adequada aos critérios pesquisados, que são: abordagem revisória do conceito de oxidação, relação do conceito de oxidação com o número de oxidação, contextualização na apresentação do conteúdo e reações de oxidação sem o oxigênio. Os autores consideram de fundamental importância para a compreensão do conteúdo de oxidação-redução que os LD enfoquem em sua abordagem os seguintes tópicos: fenômeno da transferência de elétrons, a variação do número de oxidação no carbono nestas reações, a similaridade entre os fenômenos de oxidação e combustão, entre outros. Além disso, destacam a importância do desenvolvimento das reações de oxidação desvinculada da presença obrigatória de oxigênio.

Cássio et al. (2012) realizaram uma pesquisa em LD de Química voltados para o ensino médio e superior focando o papel atribuído aos íons nas transformações químicas em

solução aquosa. De maneira geral, os LD do ensino médio subestimam a presença de íons nas transformações químicas, simplificando sua esquematização. Já os livros utilizados no ensino superior apresentam maior coerência, conferindo aos íons o seu devido protagonismo durante as transformações químicas em solução. Embora os autores reconheçam que no ensino médio é necessário certa simplificação, acreditam que não deve ocorrer a ocultação do protagonismo dos íons nos processos químicos em fase aquosa. Ainda alertam para o fato de que os professores de Química possuem duas opções: a memorização dos conceitos por parte dos alunos ou a sua compreensão por meio da representação química.

Apesar de todas as limitações ainda encontradas, os LD continuam sendo a principal ferramenta utilizada no processo de ensino e aprendizagem pelos professores e alunos das escolas brasileiras. Certos de que essas pesquisas e tantas outras que não foram citadas neste trabalho contribuíram de forma significativa na qualidade dos atuais LD, esperamos que este trabalho venha a acrescentar nestas discussões e contribua com a educação em Química de nosso país.

As funções dos recursos visuais no ensino

Os níveis de representação (macroscópico, microscópico e simbólico) são fundamentais para o estudo da Química em nível atômico e molecular. Os estudantes que desenvolvem a habilidade de transitar entre esses níveis obtêm sucesso na compreensão dos conceitos químicos. Uma das principais funções da utilização dos recursos visuais na Química é justamente promover essa transição e auxiliar os estudantes no entendimento dos conceitos abstratos.

Existem várias definições para o conceito de imagem que podem variar de acordo com a área do conhecimento ou com o contexto em que está sendo utilizada. Conforme Santaella e Nöth (1998) os recursos visuais podem ser classificados como representação mental ou visual. A primeira está relacionada com a representação de aspectos imateriais e pode ser do tipo desenho, esquema, modelo e pintura. Já as representações visuais tratam do domínio visual, ou seja, de objetos materiais que aparecem na forma de desenho, fotografia, entre outros. Consideramos essa classificação pertinente para o estudo das imagens no campo da Química, pois contempla os três níveis de representação necessários para a compreensão dessa Ciência.

As representações visuais são singularmente importantes na construção do conhecimento científico, pois possuem um potencial para comunicar aspectos da natureza e para indicar o conteúdo de ideias (POZZER-ARDENGI; ROTH, 2005). De acordo com Johnson-Laird (1983), as imagens são visualizações internas de um modelo, ou seja, são visualizações mentais que o sujeito utiliza para compreender o mundo.

Sendo assim, é interessante a utilização dos recursos visuais no ensino de Química, pois podem desenvolver nos estudantes a habilidade de interpretar os fenômenos químicos em nível molecular (PASELK, 1994). Nesta perspectiva, Gibin e Ferreira (2013) constataram que o nível simbólico é o mais utilizado no ensino formal de Química. Entretanto, apontam que

o uso de imagens que apresentam os diferentes níveis de representação do conhecimento químico pode auxiliar no estabelecimento de relações entre a teoria e a prática no processo de imaginar os fenômenos químicos. É importante ressaltar a importância do emprego de imagens que representam o nível submicroscópico, que evidenciam as espécies químicas que não são observáveis e, por isso, auxiliam no processo de compreensão de um fenômeno químico (GIBIN; FERREIRA, 2013, p. 25).

Vale ressaltar que no ensino médio, a maioria dos recursos visuais utilizados provém dos livros didáticos adotados pelas escolas, e que para o entendimento dos conteúdos científicos apresentados por este material é necessário, além da compreensão do texto escrito, a adequada interpretação das imagens que o acompanham. Portanto, é fundamental conhecer as funções didáticas que as imagens presentes nos LD podem desempenhar na aprendizagem dos estudantes. Neste contexto, Perales e Jiménez (2002) realizaram uma revisão na literatura a respeito das funções didáticas das imagens e algumas funções destacadas foram:

- Ilustrar os livros, ou seja, torná-los mais atrativos para despertar o interesse dos leitores;*
- Descrever situações ou fenômenos baseando-se na capacidade humana de processar a informação visual e sua vantagem frente aos textos escritos na estimulação dos modelos mentais;*
- Explicar as situações descritas. Isto é, neste caso as ilustrações não mostram apenas o mundo, mas também o que o transforma com a intenção de evidenciar relações ou ideias não evidentes por si mesmas, a fim de facilitar sua compreensão por parte do leitor (PERALES; JIMÉNEZ, 2002, p. 372, tradução nossa).*

Apesar da relevância das funções didáticas das imagens, em diversas situações, estas ainda são utilizadas pelos LD de maneira superficial, não satisfazendo as necessidades dos estudantes na compreensão de muitos conteúdos. Esta observação impulsionou diversas pesquisas que investigaram o valor didático dos recursos visuais presentes nos LD.

O trabalho desenvolvido por Coutinho, Soares e Braga (2010) analisou 676 imagens de quatro coleções de LD de Biologia. Com base na teoria da carga cognitiva, os autores evidenciaram a predominância de imagens classificadas como “sem valor didático” e “com carga cognitiva alta”, sendo essa última considerada de difícil leitura pelo aluno. Isso pode dificultar a organização e o processamento das informações na memória do leitor, além disso, prejudicar o processo de aprendizagem.

As representações presentes em seis LD de Química para o processo de dissolução foram analisadas por Lemes, Souza e Cardoso (2010). Dentre os resultados obtidos, destacam a identificação de ilustrações com inadequações conceituais, além do pouco destaque dado as entidades submicroscópicas nessas representações. A tese de Kiill (2009) tem como objeto de estudo as imagens contidas nos livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2007. As representações visuais presentes no capítulo de equilíbrio de químico foram categorizadas com o objetivo de investigar suas contribuições para o processo de significação deste conteúdo. Os resultados da análise mostraram que a maioria das imagens representa o conhecimento químico considerando apenas o aspecto macroscópico e um grande número delas apresenta

caráter meramente ilustrativo, o que em geral colabora pouco para o processo de significação do conteúdo de equilíbrio químico.

A pesquisa de Matus, Benarroch e Nappa (2011) classifica as imagens utilizadas em 18 LD, de três níveis de ensino da educação argentina, em: grau de iconicidade, linguagem envolvida e o modelo atômico exigido para a compreensão do conteúdo de ligação química. Em relação ao grau de iconicidade, observaram que a medida que o nível de ensino aumenta, diminui o grau de iconicidade, ou seja, aumenta a abstração das representações. A respeito do tipo de linguagem envolvida o uso de representações gráficas diminui gradualmente ao ascender de nível. Por último, o modelo atômico utilizado para a representação das ligações químicas que considera a configuração eletrônica é uma constante nos livros dos três níveis de ensino. No nível mais básico encontram-se um número expressivo de representações que não consideram as configurações eletrônicas dos átomos, em contrapartida, os livros do nível mais avançado apresentam uma quantidade apreciável de ilustrações que utilizam o modelo ondulatório. Os autores ainda reforçam o cuidado que se deve ter na utilização das representações em cada nível educativo e concluem que essas são muito diversas.

A partir de uma revisão teórica, Perales (2006) apresenta algumas iniciativas que devem ser consideradas para a utilização das imagens em seus distintos formatos sobre a educação científica formal e informal. Algumas possibilidades destacadas foram: a imagem deve ser avaliada do ponto de vista didático, da mesma forma que a linguagem verbal; as imagens devem ser cuidadosamente selecionadas; assim como grande parte das atividades em sala de aula envolve o trabalho com textos escritos, também deveriam ser incluídas, na mesma medida, atividades que priorizem a utilização de imagens; as imagens não substituem as experiências sensoriais; os conteúdos menos realistas devem ser mais favorecidos pela utilização de imagens; é imprescindível que tanto na formação inicial como no desenvolvimento profissional, os professores tenham oportunidades de conscientizar-se sobre a importância didática das imagens.

A seguir, apresentaremos o método de análise utilizado neste estudo para avaliar as representações visuais dos LD de Química na abordagem do conteúdo de modelos atômicos.

Metodologia de análise

Neste trabalho, buscamos analisar as representações visuais utilizadas pelos livros de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2012 na abordagem do conteúdo de modelos atômicos. Para isso, em um primeiro momento nos baseamos nas categorias propostas por Perales e Jiménez (2002), que são: sequência didática, iconicidade, funcionalidade, relação com o texto principal, etiquetas verbais e conteúdo científico. Essas categorias são importantes para avaliar a maneira como as figuras são empregadas nos LD e a sua relação com o texto, aspectos que podem influenciar a construção da ideia da estrutura da matéria. No Quadro 1 estão elencadas as categorias utilizadas para a análise e suas definições.

Quadro 1: Definição das categorias.

Categoria	Definição
Sequência didática	São os textos ou parágrafos utilizados para a geração das imagens.
Iconicidade	É o grau de complexidade das imagens.
Funcionalidade	A função da imagem como ferramenta didática.
Relação com o texto principal	São as referências mútuas entre o texto e imagem.
Etiquetas verbais	Textos incluídos dentro das ilustrações que auxiliam na interpretação de elementos das imagens.
Conteúdo científico	Refere-se ao conteúdo específico da temática analisada.

Durante a definição das categorias, procuramos não divergir dos significados atribuídos a elas por Perales e Jiménez (2002). Entretanto, algumas modificações foram realizadas a fim de melhor adaptá-las para esta análise. Cada uma dessas categorias ainda se subdivide em subcategorias, denominadas unidades elementares. A seguir descreveremos de forma detalhada as categorias e suas respectivas unidades elementares utilizadas na análise.

Na categoria sequência didática analisamos as afirmações, referências e problemas apresentados pelos autores dos LD ao longo do texto que antecedem e sucedem as imagens. Para essa análise consideramos que os textos foram elaborados com base na premissa de que serão lidos sequencialmente pelos estudantes, ou seja, avaliamos se há um planejamento na ordem em que os parágrafos são apresentados. A sequência didática foi fragmentada em seis unidades elementares (Quadro 2), que auxiliaram na classificação dessa categoria.

Quadro 2: Unidades elementares para a análise da sequência didática.

Unidade	Definição
Evocação	O texto se refere a um fato do cotidiano ou conceito que se supõe conhecido pelo aluno.
Definição	O significado de um termo novo é estabelecido no contexto teórico.
Aplicação	É um exemplo que estende ou consolida uma definição.
Descrição	O texto faz referência a fatos ou eventos do cotidiano que se supõem serem desconhecidos pelo leitor. Também se incluem nessa unidade conceitos necessários para a discussão do tópico principal.
Interpretação	São utilizados conceitos teóricos para explicar os eventos experimentais.
Problematização	No texto há questões que não podem ser respondidas com os conceitos já desenvolvidos.

A iconicidade estabelece um grau crescente de simbolização, no qual as imagens se assemelham ao objeto representado por ela. Desta forma, quanto maior o nível de iconicidade menor a abstração da imagem, ou seja, mais realista ela é, em contrapartida, imagens menos realistas (mais abstratas) exigem um maior conhecimento do código simbólico utilizado e menor grau de iconicidade. Em relação a essa categoria, as imagens foram classificadas conforme Quadro 3.

Com relação à categoria funcionalidade, a utilização de imagens para expressar ideias é comum no ensino de Ciências, tanto para facilitar o entendimento dos conceitos científicos como para ilustrar um fato ou até mesmo um conceito. Particularmente no ensino dos modelos atômicos pode-se fazer uso de uma diversidade de meios de

expressão, tais como: desenho manual, símbolos e códigos que representem os conceitos ou a representação gráfica presentes nos LD. Neste contexto, os recursos visuais podem ser classificados quanto à funcionalidade em três unidades, conforme Quadro 4.

Quadro 3: Unidades elementares para a análise do grau de iconicidade.

Unidade	Definição
Fotografia	Quando interpreta o espaço por meio de fotos.
Desenho figurativo	Valoriza a representação orgânica mostrando os objetos mediante a imitação da realidade.
Desenho figurativo + signos	Representa ações ou magnitudes inobserváveis em um espaço de representação heterogêneo.
Desenho figurativo + signos normalizados	A ilustração representa figurativamente uma situação e paralelamente se representam alguns aspectos mediante o uso de signos normalizados.
Desenho esquemático	Valoriza as representações das relações sem se importar com os detalhes.
Desenho esquemático + signos	Representa ações ou magnitudes inobserváveis.
Desenho esquemático + signos normalizados	A ilustração constitui um espaço de representação homogêneo e simbólico com regras sintáticas específicas.

Quadro 4: Unidades elementares para a análise da funcionalidade das imagens.

Unidade	Definição
Inoperante	A ilustração não apresenta nenhum elemento utilizável, apenas cabe observá-la.
Operativa elementar	A ilustração contém elementos de representação universal.
Sintática	A ilustração contém elementos que exigem o conhecimento de normas específicas.

Na categoria relação com o texto principal, é investigado se o texto narrativo ou argumentativo apresenta relação com os recursos visuais. As informações contidas nas imagens muitas vezes são descontínuas, e por si só não expressam o completo significado quando separadas do texto. Sendo assim, esta categoria se divide em conotativa, denotativa e sinóptica (Quadro 5).

Quadro 5: Unidades elementares para a análise da relação com o texto principal.

Unidade	Definição
Conotativa	O texto descreve os conteúdos sem mencionar sua correspondência com os elementos incluídos na ilustração. Supostamente, estas relações são óbvias e o leitor pode fazê-las.
Denotativa	O texto estabelece a correspondência entre os elementos contidos na ilustração e os conteúdos representados.
Sinóptica	O texto descreve a correspondência entre os elementos da ilustração e os conteúdos representados. Além disso, estabelece as condições nas quais as relações entre os elementos inclusos na ilustração representam as relações entre os conteúdos, de modo que a imagem e o texto formam uma unidade indivisível.

As etiquetas verbais são os textos presentes nas ilustrações, que auxiliam em sua interpretação. Apesar dessa categoria se parecer com a anterior (relação com o texto

principal), o fato de o texto estar na própria ilustração ou ser externo a ela permite distinguir uma ilustração autossuficiente de uma dependente do texto não ilustrado. As unidades elementares das etiquetas verbais estão no Quadro 6.

Quadro 6: Unidades elementares para a análise da etiqueta verbal.

Unidade	Definição
Sem etiqueta	A ilustração não contém nenhum texto.
Nominativa	Contém letras ou palavras que identificam alguns elementos da ilustração.
Relacionável	Textos que descrevem as relações entre os elementos da ilustração.

A categoria conteúdo científico é específica da temática analisada, neste caso os modelos atômicos. Desta forma, as ilustrações dos LD foram quantificadas levando em consideração os modelos atômicos aceitos cientificamente, sendo assim essa categoria foi dividida nas seguintes unidades: Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e modelo atual. No Quadro 7 estão os critérios utilizados para a classificação de cada recurso visual.

Quadro 7: Unidades elementares para a análise do conteúdo científico.

Unidade	Definição
Dalton	Ideia de indivisibilidade, maciço e indestrutível.
Thomson	Existência de partícula com carga elétrica e divisibilidade do átomo.
Rutherford	Ideia de núcleo positivo, movimento dos elétrons ao redor do núcleo e existência de espaços vazios.
Bohr	Caráter dual do elétron e energia quantizada.
Modelo atual	Aspectos relacionados com estudos atuais para a explicação da estrutura da matéria.

Em um segundo momento da análise, procuramos investigar se as imagens presentes nestes livros auxiliam os estudantes na transição entre os três níveis de representação da matéria, classificando-as em: macroscópicas, microscópicas e simbólicas. A primeira faz menção a aspectos observáveis e realistas, muitas vezes as imagens desse tipo são empregadas apenas para contextualizar, situar os leitores sobre um fato ou determinado período da história. A categoria microscópica apresenta representações inobserváveis, contemplando o mundo microscópico. A última classificação, além de representar o microscópico apresenta símbolos e códigos específicos da Química.

A metodologia utilizada para avaliação das representações visuais dos livros didáticos neste trabalho foi realizada por três pesquisadores, da área de ensino de Química, que analisaram independentemente os capítulos referentes ao conteúdo de modelos atômicos presentes nos primeiros volumes das coleções aprovadas pelo PNLD 2012 (Tabela 1).

Cada pesquisador avaliou todos os recursos visuais, dos capítulos selecionados, em relação às unidades elementares já descritas das sete categorias: sequência didática, iconicidade, funcionalidade, relação com o texto principal, etiquetas verbais, conteúdo científico e níveis de representação da matéria. Os dados foram obtidos através do preenchimento individual de uma tabela que esquematizava as categorias, suas

unidades elementares, os livros didáticos e os recursos visuais referentes ao estudo da estrutura da matéria. As divergências nas classificações propostas pelos pesquisadores, quando ocorreram, foram novamente avaliadas e discutidas pelos mesmos em conjunto, com a finalidade de entrarem em acordo. Para essa análise consideramos as representações do tipo fotografia, desenho, diagrama, esquema, gráfico e tabela que foram analisadas nas categorias propostas por Perales e Jiménez (2002). Além dessa classificação e reconhecendo a importância da transição entre os níveis de representação da matéria para entendimento da Química, as imagens também foram avaliadas em: macroscópica, microscópica e simbólica.

Tabela 1: Livros analisados, suas informações e códigos de identificação.

Código	Livro	Autor	Editora	Ano
A	Química 1	Andréa H. Machado Eduardo F. Mortimer	Scipione	2010
B	Química na abordagem do cotidiano: Química geral e inorgânica	Eduardo L. Canto Francisco M. Peruzzo	Moderna	2006
C	Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais	Wildson L. P. dos Santos Gerson S. Mól (coords.)	Nova Geração	2010
D	Ser protagonista: Química	Julio C. F. Lisboa	SM	2010
E	Química 1: meio ambiente, cidadania, tecnologia	Martha R. M. Fonseca	FTD	2010

Resultados e discussões

Neste trabalho foram analisadas 163 representações visuais relacionadas com os modelos atômicos presentes nos cinco livros de Química aprovados pelo PNLD 2012. Em relação às categorias avaliadas, os resultados dessa pesquisa apontam diferenças entre as obras, que serão apresentados e discutidos a seguir.

A respeito da sequência didática, podemos observar no Gráfico 1, que as obras priorizam diferentes unidades elementares.

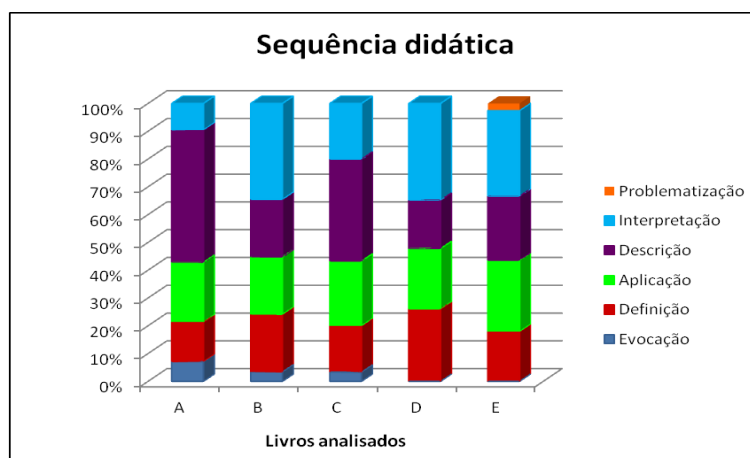


Gráfico 1: Classificação dos recursos visuais quanto à sequência didática.

Nos livros A e C é predominante a presença de recursos visuais do tipo descritivo, ou seja, os autores buscam criar contextos para o desenvolvimento dos modelos atômicos. A Figura 1a (livro A) é um exemplo de descrição, na qual o autor a utiliza para introduzir conceitos relacionados ao modelo de Rutherford, em que a imagem apresenta “*instrumentos para a detecção e contagem das partículas alfa*” (MORTIMER; MACHADO, 2010, p. 149), que até então se supõem desconhecidos pela maioria dos alunos e que a partir desse momento serão alvo de seu estudo. A unidade interpretação corresponde a aproximadamente 40 % dos recursos visuais dos livros B, D e E, enfatiza a explicação de experimentos através da abordagem de conceitos teóricos. Esse dado demonstra que os eventos experimentais tem papel central na construção da Química como Ciência, e que de acordo com Silva, Machado e Tunes (2010), no ensino, permitem a articulação entre fenômenos e teorias. Por exemplo, na Figura 1b os autores do livro B utilizam um experimento simples para ilustrar o fenômeno de atração entre cargas opostas. Outra análise que pode ser feita a partir do Gráfico 1, é a pouca utilização de sequências didáticas problematizadoras, sendo essa observada apenas em um dos cinco livros analisados, o que nos permite concluir que as obras tendem a uma abordagem tradicional de ensino. Apesar de a problematização ser enfatizada por diversos autores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCCO, 2009) e pelos documentos oficiais (BRASIL, 2002), sua inserção no ensino de Ciências ainda é uma dificuldade a ser superada, tanto pelos autores dos LD quanto pelos professores do ensino médio. Esse recurso só foi encontrado no livro E (Figura 1c) em que a autora lança questionamentos, como “*De onde vêm as luzes coloridas que os fogos de artifício emitem quando queimam?*” (FONSECA, 2010, p. 210), que não podem ser respondidos com os conceitos até então desenvolvidos. Dessa forma, os alunos através da observação dessa figura são instigados a pensar sobre esse fenômeno, sendo que nas próximas seções a autora desenvolve os tópicos relacionados ao modelo atômico de Bohr, que fundamentam esse acontecimento.

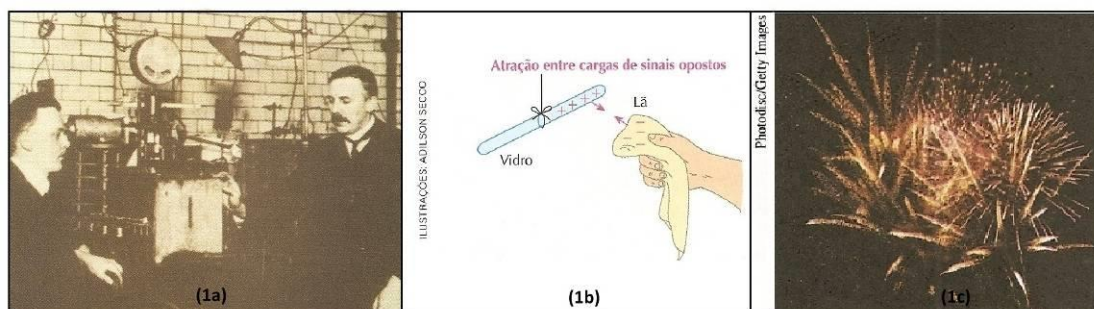


Figura 1: Exemplos dos recursos visuais quanto à sequência didática.

Analisando o Gráfico 2, referente a categoria iconicidade, percebemos a frequente utilização de fotografias pelos LD avaliados. Isso é uma tentativa dos autores de tornar a leitura mais atraente, entretanto como revela a pesquisa de Levie e Lentz (1982), a utilização de imagens necessita de uma justificativa empírica para ser significativa no ensino de Ciências, não simplesmente para ilustração. Desta forma, percebemos que na maioria das vezes os livros se utilizam de recursos visuais para mera observação ou exemplificação da realidade.

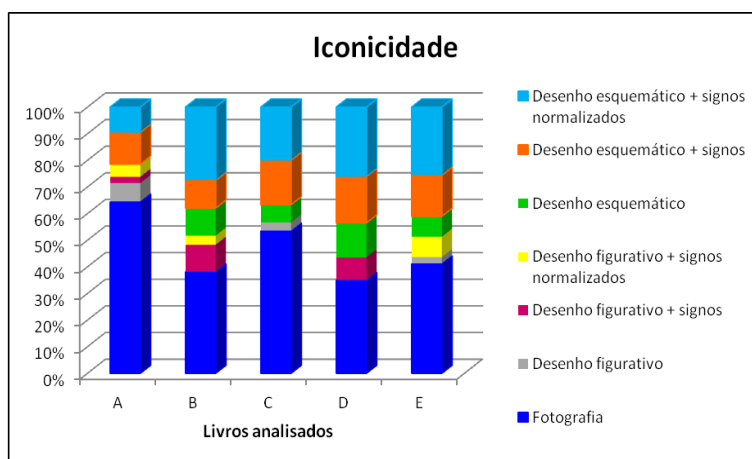


Gráfico 2: Classificação dos recursos visuais quanto à iconicidade.

Também detectamos no Gráfico 2, que os livros B, C, D e E apresentam frequentemente desenhos esquemáticos com signos normalizados. Esse tipo de representação exige a interpretação de vários códigos simbólicos, que podem ser um importante recurso no ensino dos modelos atômicos, pois, por ser abstrato, exige capacidade de transitar entre os níveis macroscópico e microscópico. Exemplos dessa constatação podem ser observados na Figura 2, na qual a representação da experiência do modelo atômico de Rutherford, pelos livros C (2a) e E (2b), faz uso de códigos e símbolos específicos da Química. Ao analisar essas figuras os estudantes devem ser capazes de interpretar, por exemplo, que as partículas alfa (α) são positivas, pois quando se aproximavam do núcleo dos átomos de ouro, utilizados por Rutherford na experiência, eram desviadas pela repulsão elétrica. Os desenhos esquemáticos com signos normalizados são empregados para a ilustração de outros modelos, como o de Bohr (2c) e o de Thomson (2d), nos quais códigos, símbolos e sentidos de setas devem ser interpretados para a compreensão do fenômeno ilustrado.

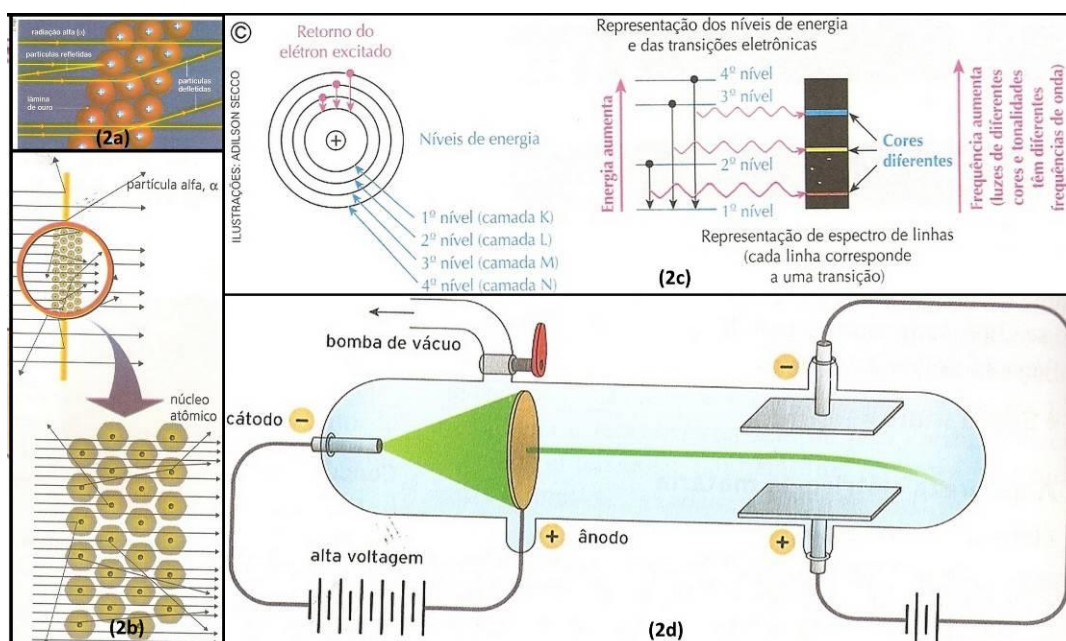


Figura 2: Exemplos dos recursos visuais quanto ao grau de iconicidade.

Em relação à funcionalidade, nos livros A e C, é perceptível a predominância de representações visuais do tipo inoperante (Gráfico 3), esse dado indica que poucas ilustrações desses livros auxiliam a compreensão dos conteúdos científicos, pois a maioria é utilizada apenas para ilustrar fatos ou conceitos.

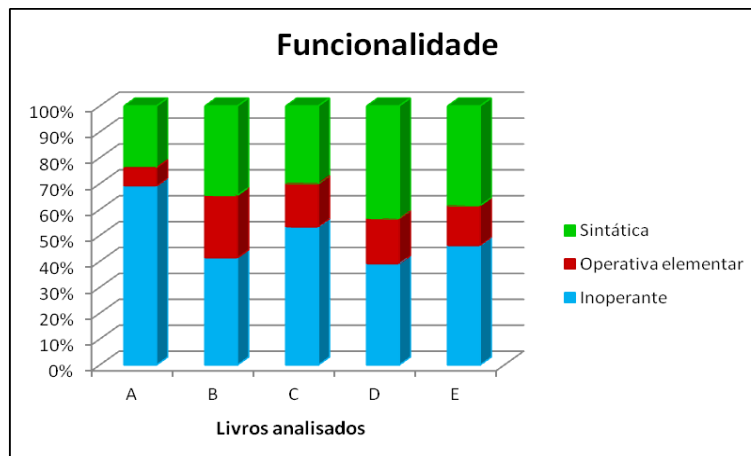


Gráfico 3: Classificação dos recursos visuais quanto à funcionalidade.

Através dos resultados obtidos, podemos observar que os livros B, D e E contemplam de maneira significativa a unidade elementar sintática, que é a mais complexa dentre as unidades analisadas, pois exige o conhecimento de normas específicas pré-estabelecidas pela disciplina de Química. As representações visuais que se enquadram nesta unidade, Figura 3a (livro D), possuem uma função didática para o ensino de modelos atômicos, pois utilizam signos e representações que podem auxiliar a compreensão dos conceitos relacionados com a estrutura da matéria. Exemplos das unidades operativa elementar e inoperante estão nas Figuras 3b (livro B) e 3c (livro A), respectivamente. A primeira apresenta elementos de representação universal, esferas de tamanhos distintos, para representar átomos de diferentes dimensões, e a segunda possui função ilustrativa, utilizada apenas para introduzir o estudo da constituição da matéria.

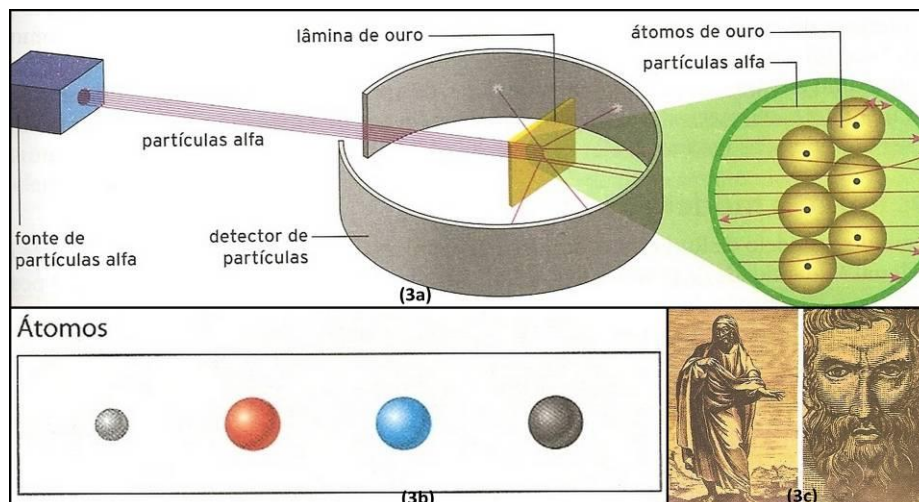


Figura 3: Exemplos dos recursos visuais quanto à funcionalidade.

As ilustrações presentes nos cinco LD quando analisadas na categoria relação com o texto principal apresentaram o seguinte resultado (Gráfico 4).

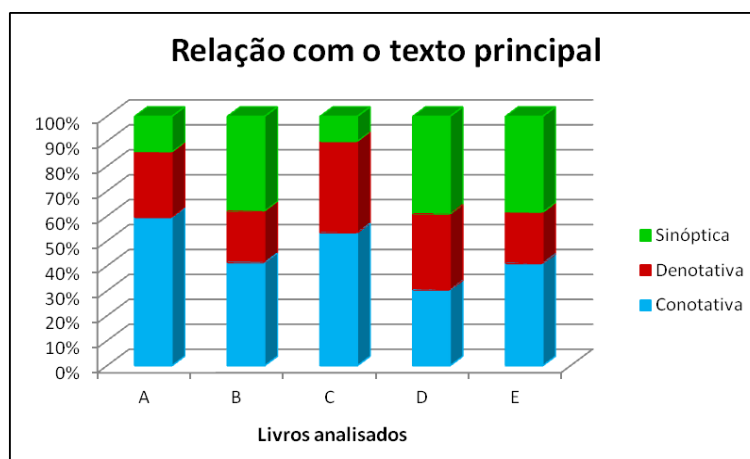


Gráfico 4: Classificação dos recursos visuais quanto à relação com o texto principal.

Observando o Gráfico 4, podemos perceber que as imagens do tipo conotativa são a maioria nos livros didáticos A e C, e estão presentes em quantidades significativas nas demais obras. Essa observação permitiu-nos concluir que grande parte dos recursos visuais está desconectado do texto principal. Um exemplo disso é a Figura 4a (livro A), na qual está representado o átomo de hélio sem referência no texto. O livro C é o que possui mais ilustrações denotativas em relação aos demais, essas imagens estabelecem correspondência entre os seus elementos e os conteúdos que abordam. A Figura 4b (livro C) está relacionada com o seguinte trecho do texto principal:

Para Bohr, cada estado estacionário de energia seria associado a um nível de energia que é representado pela letra n e varia de 1 a 7 [...], cada um desses níveis é descrito por uma órbita ao redor do núcleo. As órbitas mais próximas do núcleo corresponderiam a níveis menores de energia (SANTOS; MÓL, 2010, p. 195).

Podemos perceber que no trecho acima, os autores utilizam números (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) para fazer referência aos níveis eletrônicos do átomo, porém a Figura 4b apresenta letras (K, L, M, N, O, P, Q) para designar esses mesmos níveis de energia. Estas diferentes denominações podem ser consideradas obstáculos epistemológicos, que de acordo com Bachelard (1967) são entraves que bloqueiam o desenvolvimento e a construção do conhecimento, resultando em confusões conceituais por parte dos estudantes. Algumas alternativas para evitar esse possível obstáculo no aprendizado é a utilização uniforme dos códigos ou a explicação durante o texto da existência de distintas representações. Desta forma é importante que os autores dos materiais didáticos tenham cuidado com a simbologia utilizada nas imagens, para que essas possuam uma relação com as representações discutidas durante o texto principal.

Os livros B, D e E apresentam cerca de 40% das ilustrações referentes à unidade elementar sinóptica, as imagens desse tipo necessariamente devem estar acompanhadas do texto para o seu entendimento, formando uma unidade indivisível. Para a interpretação da Figura 4c do livro E, as etapas 1, 2 e 3 representadas nessa figura são descritas pela autora no texto principal, sendo necessária a combinação “texto + figura” para a compreensão do fenômeno representado.

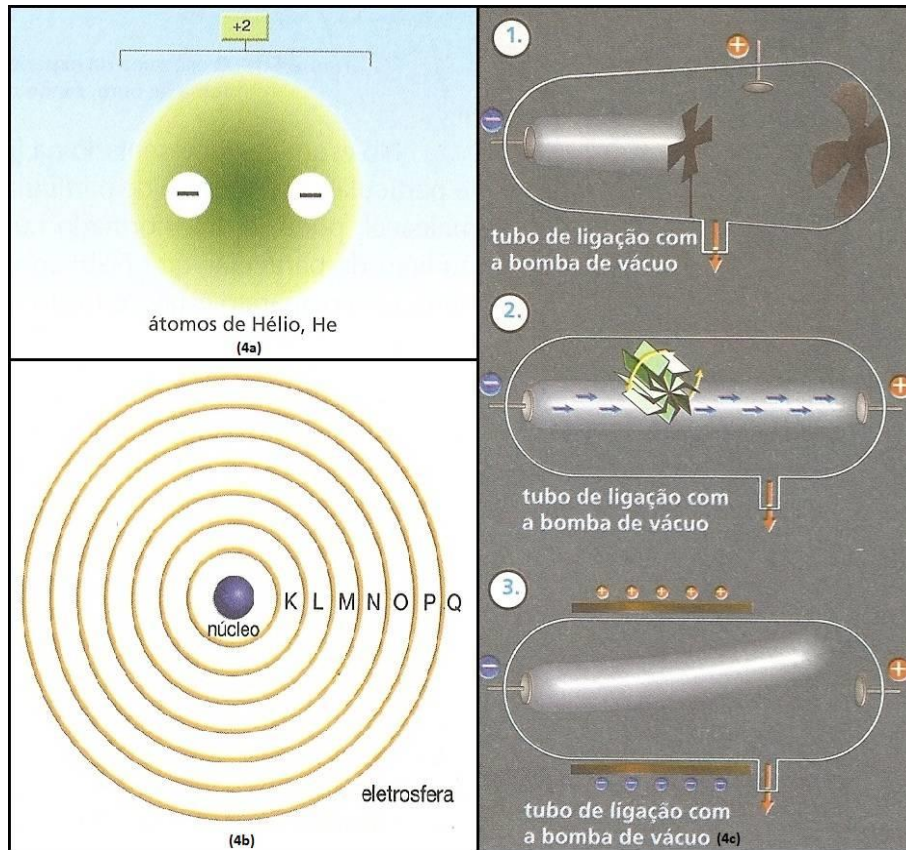


Figura 4: Exemplos dos recursos visuais quanto à relação com o texto principal.

Sobre a categoria etiquetas verbais, os LD apresentaram consideráveis diferenças. O livro A possui mais de 70% de imagens sem etiqueta e apenas aproximadamente 10% relacionáveis. Em contrapartida, o livro B contempla as três unidades elementares de maneira mais uniforme, sendo aproximadamente 35% das representações sem etiqueta, 30% nominativa e 35% relacionável. Já no livro D a unidade elementar que predomina é a nominativa. O Gráfico 5 apresenta a quantidade de imagens por unidade elementar.

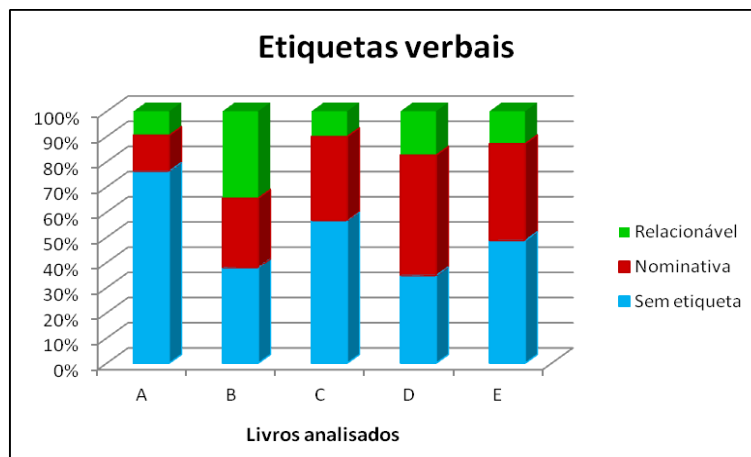


Gráfico 5: Classificação dos recursos visuais quanto à etiqueta verbal.

Na Figura 5b, está representada uma imagem do livro A, na qual não há referência sobre a cor que cada elemento químico apresenta quando submetido ao teste de

chama, sendo assim classificada como sem etiqueta. A Figura 5a (livro D) é considerada como nominativa, pois utiliza letras ou palavras que identificam os elementos da ilustração. Um exemplo de imagem relacionável é a Figura 5c (livro B), em que os autores abordam a absorção e a emissão de energia por meio de textos que relacionam os elementos da ilustração.

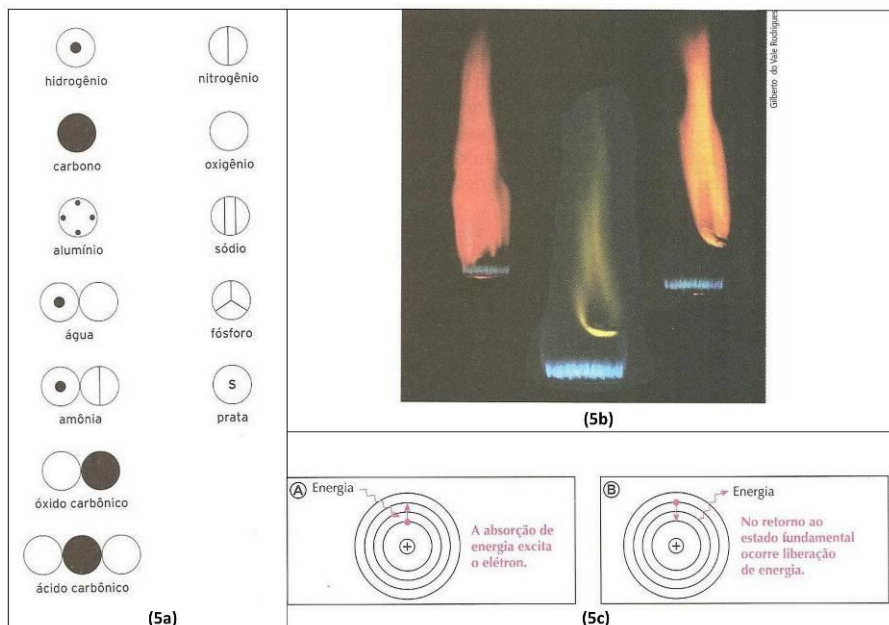


Figura 5: Exemplos dos recursos visuais quanto à etiqueta verbal.

Com o objetivo de conhecer o modelo atômico mais utilizado nas representações dos LD, analisamos as imagens em relação ao conteúdo científico que as sustentam. Os resultados estão no Gráfico 6.

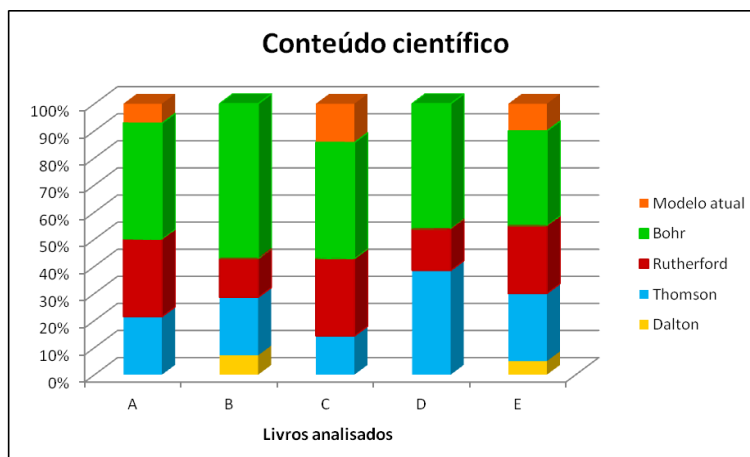


Gráfico 6: Classificação dos recursos visuais quanto ao conteúdo científico.

Nos cinco LD analisados, é perceptível a predominância de recursos visuais utilizados para a abordagem dos conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr, por exemplo, no livro B, mais da metade (57,14%) das imagens correspondem a esse modelo. Acreditamos que este dado se deve principalmente pela complexidade conceitual deste modelo, além de ser o mais aplicado no cotidiano. Outro dado relevante é a pouca utilização de imagens relacionadas aos modelos de Dalton e atual.

Isso demonstra a pouca ênfase dada pelos LD à construção do conhecimento científico ao longo da história da Ciência, já que pouco contemplam os primeiros estudos sobre o átomo bem como os mais atuais. A exemplo disso, o livro didático D não apresenta nenhuma ilustração relacionada com esses modelos.

Considerando a importância de desenvolver nos estudantes a capacidade de transitar entre os três níveis de representação da matéria para o entendimento de diversos conceitos de Química, os recursos visuais dos cinco LD aprovados pelo PNLD 2012 foram categorizados em: macroscópico, microscópico e simbólico. Os resultados dessa análise são apresentados no Gráfico 7.

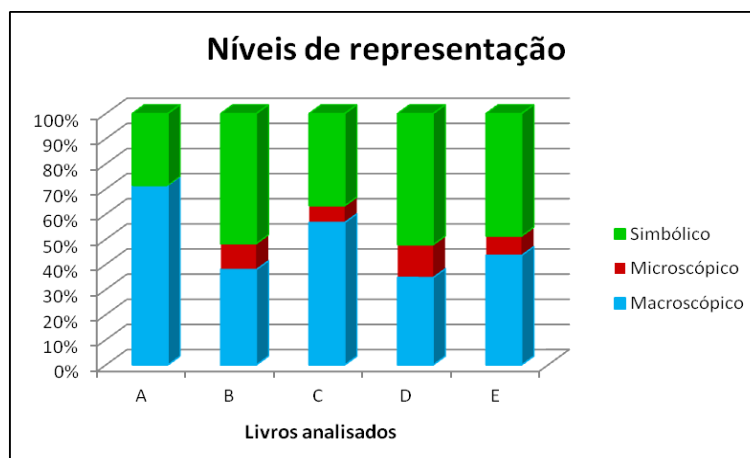


Gráfico 7: Classificação dos recursos visuais quanto aos níveis de representação.

As representações que contemplam apenas o nível macroscópico, ou seja, que consideram somente os aspectos observáveis e realistas estão presentes em quantidades significativas em todos os LD, variando aproximadamente de 70% (livro A) a 30% (livro D). Esse tipo de imagem pouco auxilia os estudantes na transição entre os níveis de representação da matéria, pois não abrange o microscópico e o simbólico. Porém, esses recursos visuais desempenham outras funções didáticas para o entendimento da estrutura da matéria, como: contexto histórico e social, contextualização, exemplificação, entre outros. Um exemplo de representação macroscópica está na Figura 6a, retirada do livro A que a utiliza para situar no contexto histórico e social as pesquisas desenvolvidas pelo casal Curie, que contribuíram de forma significativa para o estudo da radioatividade. As imagens classificadas no nível microscópico foram encontradas em menor quantidade nos LD, sendo que o livro A não apresenta esse tipo de representação. Esse nível é importante no estudo da Química, pois representa aspectos inobserváveis, como por exemplo, a Figura 6b, do livro E, que representa o modelo atômico atual proposto por Sommerfeld. Por fim, o nível simbólico além de representar o microscópico apresenta símbolos e códigos específicos da Química, e foi encontrado em todos LD, constituindo mais de 50% das ilustrações dos livros B e D. Esse tipo de representação é fundamental para o estudo dos modelos atômicos, pois se corretamente interpretadas auxiliam os estudantes na compreensão dos conceitos abstratos envolvidos, já que perpassa os três níveis de representação da matéria. Na Figura 6c (livro B), está representada uma imagem que foi classificada neste nível.

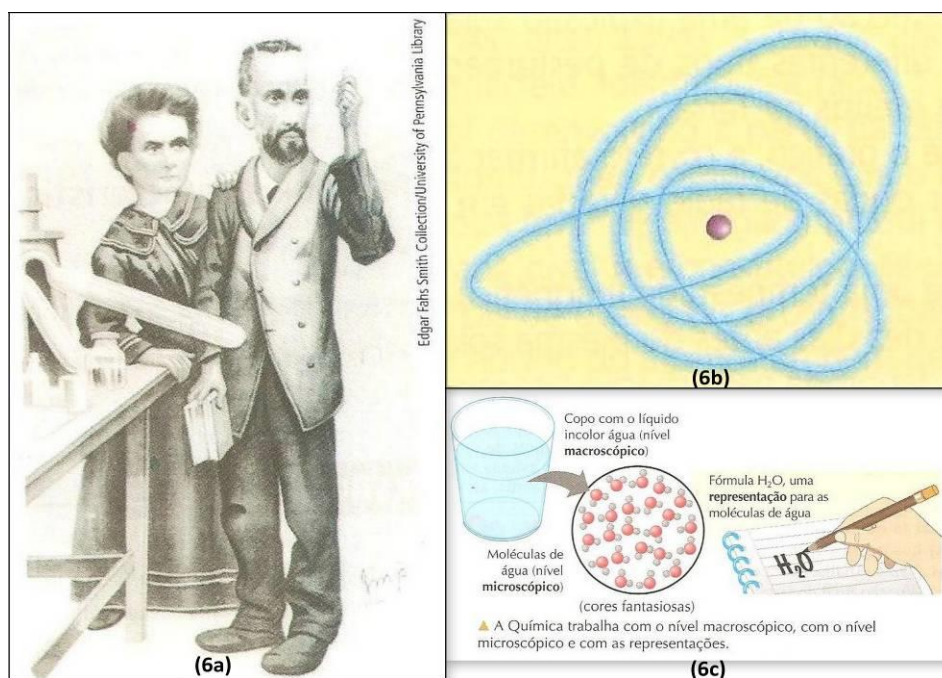


Figura 6: Exemplos dos recursos visuais quanto à etiqueta verbal.

Ainda em relação às imagens da Figura 6, podemos observar que essas três representações possuem funções distintas para a aprendizagem dos conceitos relacionados aos modelos atômicos. Na pesquisa de Gibin e Ferreira (2013), foram produzidas imagens que perpassavam os três níveis de representação da matéria e abordavam desde representações de reações químicas, modelos atômicos, esquemas de separação de misturas, estados físicos da matéria até a construção de gráficos e tabelas. Ao final deste estudo cerca de 90% dos estudantes afirmaram que as transparências com imagens que inter-relacionam os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico colaboraram para a compreensão dos assuntos abordados bem como de outros tópicos da Química. Desta forma, consideramos importante a abordagem desses três níveis de representação nos LD, sendo que cada nível depende do outro e todos de forma integrada contribuem para a construção de conceitos abstratos.

Considerações finais

A imagem como uma forma de representar o conhecimento químico, torna-se um importante recurso na construção de modelos conceituais adequados para a aprendizagem (GIBIN; KIILL; FERREIRA, 2009). A categorização utilizada nesse estudo, baseada na proposta de Perales e Jiménez (2002) e na categoria elaborada pelos autores deste trabalho em relação aos níveis de representação da matéria, nos possibilitou analisar o objetivo didático das representações visuais na abordagem do conteúdo de modelos atômicos nos LD aprovados pelo PNL 2012.

Os dados obtidos a partir da análise dessas categorias indicam que há uma diversidade na forma como as imagens são apresentadas em cada livro, o que sugere que os professores se baseiem em diferentes recursos na elaboração de suas aulas. Sendo

assim, faremos algumas considerações que emergiram dos resultados obtidos nesta análise:

- Nos capítulos referentes ao conteúdo de modelos atômicos os livros A, B, C, D e E apresentam respectivamente, 42, 29, 30, 23 e 39 recursos visuais, totalizando 163 imagens analisadas;
- Algumas particularidades foram encontradas nos LD: o livro A é o único que identifica todos os recursos visuais através de números (exemplo: Figura 6-19). Essa identificação auxilia os leitores na organização da sua leitura. Outra particularidade se refere ao número de capítulos destinados à abordagem dos modelos atômicos, sendo que os livros B e E trazem esse conteúdo disperso em três e dois capítulos respectivamente, enquanto os demais o apresentam de maneira condensada em um único capítulo;
- Em relação às unidades elementares da sequência didática, apenas o livro E, mesmo que em pouca quantidade, apresenta imagens em uma perspectiva problematizadora. Nos demais livros há predominância de recursos visuais utilizados para a discussão de conceitos (descrição) e explicação de fatos experimentais (interpretação);
- Há elevado número de imagens do tipo fotografia nos LD analisados, sendo aproximadamente 64% no livro A; 53% no livro C e 40% no livro E. Apesar de serem utilizadas para a observação e exemplificação de conceitos, representações desse tipo pouco contribuem para a aprendizagem dos conceitos abstratos, pois remetem apenas aos aspectos macroscópicos. É necessário enfatizar que não condenamos a utilização de fotografias, entretanto seu emprego poderia ser moderado em alguns LD, para que as imagens tenham uma função didática além da mera observação;
- Considerando que os textos escritos complementam as imagens e vice versa, detectamos que um grande número de ilustrações está desconectado do texto principal (59,52% livro A e 53,33% livro C), o que pode dificultar a linearidade da leitura, desta forma não contribuindo para a aprendizagem;
- O modelo atômico mais enfatizado pelos LD analisados em suas representações é o de Bohr, que compreende 42,85%; 57,14%; 42,85%; 46,15% e 35% das imagens dos livros A, B, C, D e E, respectivamente;
- Observamos que a grande maioria das imagens dos LD contemplam os níveis macroscópico e simbólico. Nos livros A e C a maioria das imagens é do tipo macroscópica (71,42% e 56,66%), utilizadas para representar aspectos perceptíveis dos conceitos químicos, que são importantes na contextualização e referência histórica e social dos conceitos. Já os livros B e D apresentam mais imagens do tipo simbólica (51,70% e 52,16%), contemplando os três níveis de representação.

É evidente que as representações visuais presentes nos LD analisadas neste trabalho, influenciam na construção do conceito de átomo e na ideia de evolução dos modelos atômicos pelos estudantes do ensino médio. Sendo assim, é necessário haver um maior cuidado com a qualidade dos textos e imagens presentes nesse recurso didático.

Pesquisas com o propósito semelhante ao deste trabalho se tornam importante por suscitarem debates e reflexões a respeito dos textos, imagens, tabelas, gravuras, gráficos, diagramas, realces de anotações e exercícios apresentados pelos LD, desta forma contribuindo para a qualidade dos mesmos.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelas bolsas de estudo.

Referências

BACHELARD, G. **La formation de l'esprit scientifique**. 5. ed. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1967.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 595-619, 2012.

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. F. The modeling of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. **Chemistry Education: Research and Practices**, v. 8, n. 3, p. 274-292, 2007.

COUTINHO, F. A.; SOARES, A. G.; BRAGA, S. A. M. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 3, 2010.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

ECHVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C. de; GAUCHE, R. Livro didático: análise e utilização no ensino de Química. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 264-286.

FONSECA, M. R. M. **Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia**. 1. ed. São Paulo: FTD Editora, 2010.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do. Estrutura atômica e formação de íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 275-282, 2009.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

GIBIN, G. B.; KIILL, K. B.; FERREIRA, L. H. Categorização das imagens referentes ao tema equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 711-721, 2009.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. 278 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

LAJOLO, M. Livro didático: um (quase) manual de usuário. **Revista Em Aberto**, ano 16, n. 69, p. 45-50, 1996.

LEMES, A. F. G.; SOUZA, K. A. F. D. de; CARDOSO, A. A. Representações para o processo de dissolução em livros didáticos de Química: o caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 184-190, 2010.

LEVIE, W.; LENTZ, R. Effects of the text illustrations: a review. **Research Educational Communications and Technology Journal**, v. 30, n. 4, p. 195-232, 1982.

LISBOA, J. C. F. **Química**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2010.

LOGUERCIO, R. Q.; SAMRSLA, V. E. E.; DEL PINO, J. C. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de Química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: Obstáculos ao aprendizado da Ciência Química. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

MAIA, J. O.; SÁ, L. P.; MASSENA, E. P.; WARTHA, E. J. O livro didático de Química nas concepções de professores de ensino médio da região sul da Bahia. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 2, p. 115-124, 2011.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. As concepções de Ciência dos livros didáticos de Química, dirigidos ao ensino médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 341-355, 2009.

MATUS, L.; BENARROCH, A.; NAPPA, N. La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 178-201, 2011.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MENDONÇA, R. J.; CAMPOS, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de Química Orgânica do ensino médio. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 45-48, 2004.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química 1: ensino médio**. São Paulo: Scipione, 2010.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

PASELK, R. A. Visualization of the abstract in general chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 3, p. 225, 1994.

PERALES, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. Analisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química na abordagem do cotidiano**. V. 1, 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 159-180.

POZO, R. M. Prospect teacher's ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 4, p. 353-371, 2001.

POZZER-ARDENGI, L.; ROTH, W. M. Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, v. 5, p. 275-293, 2005.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem, Cognição, Semiótica, Mídia**. São Paulo: Iluminuras, 1998.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coords.). **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais**. V. 1, 1. ed. São Paulo: Nova Geração, 2010.

SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Química Nova**, p. 6-15, 1981.

SILVA, R. R. da; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 231-261.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la Ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la Ciencia y desarrollo de actitudes positivas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 1, p. 151-162, 2001.

THEODORO, M. E. C.; KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Os aspectos sócio-culturais e teórico-metodológicos recomendados pelo PCNEM: as contribuições dos livros didáticos de Química para os objetivos do ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 161-182, 2011.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da Ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.

WARTHA, E. J.; FALJONI-ALÁRIO, A. A contextualização do ensino de Química através do livro didático. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 42-47, 2005.

Submetido em fevereiro de 2013, aceito para publicação em outubro de 2013.