

A Representação das Reações Redox através das Imagens em Livros Didáticos Brasileiros de Química

Luciane Fernandes de Goes
Keysy S. C. Nogueira
Carmen Fernandez

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise dos recursos visuais utilizados no conteúdo de reações redox, dos livros didáticos de Química brasileiros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2015 e dos Cadernos do Estado de São Paulo. Os dados foram analisados de acordo com categorias propostas na literatura, a saber, sequência didática, iconicidade, funcionalidade, relação com o texto principal, etiquetas verbais além dos três níveis representacionais para o conhecimento químico, macroscópico, submicroscópico e simbólico. Os resultados denotam que os livros apresentam o predomínio de fotografias assumindo função meramente figurativa e desconectadas do texto principal, sendo a maioria sem etiquetas verbais. Os dados confirmam a priorização de dois níveis de representação: macroscópico e/ou simbólico. Ressalta-se a importância do cuidado ao inserir ilustrações nos livros didáticos, devido à sua influência na construção de conceitos, em particular, o conceito redox.

Palavras-chave: Ensino de Química. Reações redox. Livros didáticos. Imagens.

The representation of Redox Reactions Content in Brazilian Chemistry Textbooks

ABSTRACT

The purpose of this paper is analyze visual representations used in the redox reactions content from the Brazilian textbooks approved by the Textbook National Program (PNLD) – 2015 and from São Paulo state curriculum. Data analysis was based on categories proposed in the literature, namely, iconicity, functionality, relationship with the main text, verbal labels beyond the three representational levels for chemistry knowledge, macroscopic, submicroscopic and symbolic. The analysis reveals the predominance of photographs in the books. These photographs assume a merely figurative function and are disconnected from the main text, most of them without verbal labels. Data confirm that only two levels of representation are

Luciane Fernandes de Goes é mestre em Ensino de Química e doutoranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

E-mail: luciane@iq.usp.br, 0000-0002-4334-786X.

Keysy S. C. Nogueira é doutoranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo. E-mail: keysynogueira@usp.br, 0000-0002-6900-2181.

Carmen Fernandez é doutora em Química e livre docente em Ensino de Química pela Universidade de São Paulo. É professora associada no Departamento de Química Fundamental do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, USP. E-mail: carmen@iq.usp.br, 0000-0003-2201-6241.

Recebido para publicação em 10 dez. 2018. Aceito, após revisão, em 22 mar. 2018.

Acta Scientiae	Canoas	v.20	n.2	p.135-153	mar./abr. 2018
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

prioritized: macroscopic and symbolic. It is emphasized the importance of careful selection of illustrations in textbooks due to its influence on the construction of concepts, in particular, the redox concepts.

Keywords: Chemistry education. Redox reactions. Textbooks. Images.

INTRODUÇÃO

A reação redox é um tipo de reação Química que envolve perda e ganho de elétrons, ou seja, transferência de elétrons entre duas espécies Químicas. Esse tipo de reação é essencial para algumas funções básicas da vida como a respiração e a fotossíntese e está presente em diversos processos do dia a dia como em pilhas e baterias, bafômetro; eletrodeposição e oxidação de metais, corrosão e escurecimento de frutas (Österlund, Berg & Ekborg, 2010).

Apesar de ser um dos principais conceitos ensinados no Ensino Médio em diferentes países (Basheer, Hugerat, Kortam & Hofstein, 2017) as reações redox são vistas como um dos temas mais difíceis para ensinar e aprender (Ahtee, Asunta & Palm, 2002). Diversas pesquisas relatam as dificuldades conceituais, as principais concepções alternativas e até mesmo o uso de linguagem e representações inapropriadas em livros didáticos (LD) (Barke, Hazari & Yitbarek, 2009; Österlund, Berg & Ekborg, 2010; Schmidt, Marohn & Harrison, 2007).

O tema requer dos alunos a capacidade de lidar com os três níveis representacionais: macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone, 1991) além de lidar com a natureza dinâmica desses processos.

Os recursos visuais desempenham um papel importante na aprendizagem da Química (Gilbert, 2006) e podem minimizar as dificuldades dos alunos em transitar entre os diferentes níveis representacionais (Pazinato et al., 2016). Uma vez que a maior parte do contato entre os estudantes e os recursos visuais é feito por meio dos livros didáticos seria fundamental que os mesmos oferecessem imagens claras e eficazes, que pudessem auxiliar na compreensão dos alunos. Entretanto, observa-se que as representações vêm sendo utilizadas de forma superficial (Silva, Braibante & Pazinato, 2013) e a adoção inadequada de imagens pode refletir em distorções conceituais (Leite, Silveira & Dias, 2006).

Nesse contexto, sabendo que as representações influenciam a compreensão dos estudantes (Poizzer-Ardenghi & Roth, 2005), justifica-se investigar como determinados conceitos estão representados em LD de Química. Neste trabalho, o foco está na análise das representações dos processos redox em LD brasileiros e, ainda, se os recursos visuais podem estar relacionados ao pouco entendimento e às dificuldades do ensino desses processos.

Reações redox e os livros didáticos

O LD, desde muito tempo, ocupa um lugar importante nas escolas, influenciando tanto o professor em sua prática pedagógica quanto o currículo (Mortimer, 1988;

Siganski, Frison e Boff, 2008). A seleção dos conteúdos, da sequência, dos exercícios e o modo de trabalhar determinados tópicos são frequentemente reduzidos à reprodução do LD, tornando-o roteiro principal do processo de ensino-aprendizagem (Cássio, Cordeiro, Corio & Fernandez, 2012). No Brasil os LD sofrem um processo de avaliação por meio do Programa Nacional do Livro Didático (Brasil, 2009). O Ministério da Educação ressalta a importância de escolher um livro condizente com alunos e projeto político pedagógico da escola, além de apresentar elementos considerados essenciais, como: experimentação, história da ciência, contextualização e interdisciplinaridade (Brasil, 2014).

Nos documentos oficiais as reações redox aparecem nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), na parte específica dos Conhecimentos de Química, relacionadas ao processo de conservação de alimentos e também na parte de Conhecimentos de Biologia, relacionadas à ação dos radicais livres (Brasil, 1999). As Orientações Educacionais Complementares ao PCNEM (PCN+) recomendam o assunto dentro do tema energia e transformação Química, proposto para o 2º ano do EM (Brasil, 2002).

Com relação às pesquisas nacionais sobre reações redox são poucos os estudos voltados para discussões conceituais (Klein & Braibante, 2017). Entre 2000 a 2014 encontram-se apenas dois trabalhos que pesquisam o tema em livros didáticos (Fontes, Lourenço & Messeder, 2012; Mendonça, Campos & Jófili, 2004). Recentemente encontram-se trabalhos nacionais sobre algum aspecto específico do conteúdo redox nos livros didáticos de Química como, por exemplo, a problemática do descarte de pilhas e baterias (Martins, 2015) o conceito de eletrólise (Martins, Soares, Silva & Valentim, 2016) e a contextualização do conceito de eletroquímica (Silva & Silva, 2016).

A importância do estudo da representação das reações redox nos livros didáticos deve-se à hipótese de que grande parte das dificuldades dos estudantes pode ser proveniente da adoção de linguagem e ilustrações inexpressivas e até mesmo inapropriadas e equivocadas presentes nesses materiais (Gouvêa & Oliveira, 2010; Mendonça, Campos & Jófili, 2004; Nyachwaya & Gillaspie, 2016). As dificuldades de aprendizagem também podem ser decorrentes da falta de conexão entre os três níveis de representação do conteúdo, ou até mesmo da priorização de apenas dois níveis: o macroscópico e o simbólico, deixando de lado aspectos mais estruturais (submicroscópico), privando o aluno da sua capacidade de abstração (Wartha & Rezende, 2011). Vale ressaltar que a capacidade de transição entre os três níveis é um objetivo central no ensino de Química (Gilbert & Treagust, 2009).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Realizou-se um mapeamento sobre o conteúdo redox nos livros do EM aprovados no PNLD-2015 e no currículo do Estado de São Paulo, referentes à área de Química (Tabela 1).

Tabela 1. *Livros didáticos de Química do Ensino Médio*

Livro didático	Referência
L1	Santos, W. L. e Mól, G. S. Química Cidadã. São Paulo: AJS Ltda, 2013.
L2	Mortimer, E. F. e Machado, A. L. Química: Ensino Médio, São Paulo: Scipione, 2013.
L3	Fonseca, M. R. M. Química. São Paulo: Editora Ática, 2013.
L4	Antunes, M. T. Ser protagonista: Química. São Paulo: Edições SM, 2013.
L5	São Paulo. Química: Ciências e Natureza – Ensino Médio. São Paulo: SEESP, 2014.

Mapeou-se página a página de cada volume e verificou-se como as reações redox são apresentadas em toda a extensão do livro, investigando como e quando o conceito é introduzido e discutido explicitamente, bem como, de que forma ele é retomado e apresentado de forma mais detalhada. As imagens selecionadas (fotografia, desenho, diagrama, esquema e gráfico) foram as presentes nos volumes das coleções em que o conteúdo redox é abordado com maior profundidade.

Categorias de análise

As imagens foram analisadas de acordo com as categorias propostas por Perales e Jiménez (2002) e adaptadas por Silva e colaboradores (2013) (Tabela 2). Diversas pesquisas sobre a utilização de representações em livros didáticos utilizaram essas categorias (Diaz & Pandiella, 2007; Gibin, Kiill & Ferreira, 2009; Pazinato, Braibante, Miranda & Freitas, 2016).

Tabela 2. *Definição das categorias de análise (Silva, Braibante & Pazinato, 2013)*

Categorias	Definição
Sequência didática	As passagens dos textos nas quais se situam as imagens
Iconicidade	O grau de complexidade das imagens
Funcionalidade	A função das imagens
Relação com o texto principal	As referências entre o texto e a imagem
Etiquetas verbais	Textos que estão incluídos dentro das imagens

Para cada categoria existe uma unidade de análise também definida por Perales e Jiménez (2002) e adaptadas por Silva, Braibante e Pazinato (2013) descritas nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3. *Definição das unidades de análise (Silva, Braibante & Pazinato, 2013)*

Categoria	Unidade	Definição
Sequência didática	Evocação	O texto se refere a um fato do cotidiano ou conceito que se supõe conhecido pelo aluno
	Definição	É estabelecido o significado de um termo novo
	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
Relação com o texto principal	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 incluídos na ilustração representam as relações entre os conteúdos, de modo que a imagem e o texto formam uma unidade indivisível.

Tabela 4. *Definição e exemplificação¹ das unidades de análise (Silva, Braibante e Pazinato, 2013)(continua)*

¹ Disponível em: <https://www.wikimedia.org/>. Decidiu-se utilizar figuras de sites públicos para exemplificação de cada categoria por conta da impossibilidade de usar as figuras dos livros que apresentam direitos autorais. Entretanto, as figuras selecionadas são representativas das que aparecem nos livros didáticos.

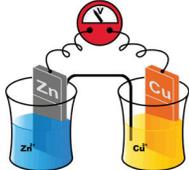
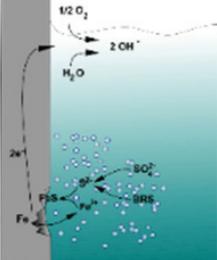
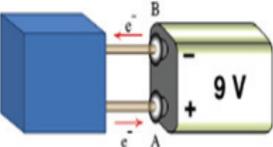
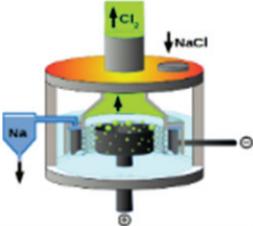
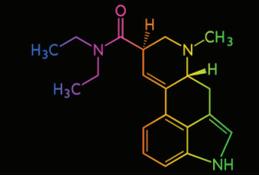
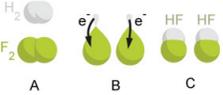
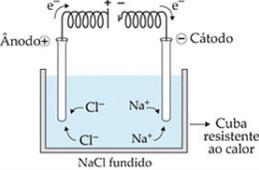
Categoria	Unidade	Definição	Exemplos ¹
Fotografia		Quando interpreta o espaço por meio de fotos	
Desenho figurativo		Valoriza a representação orgânica mostrando os objetos mediante a imitação da realidade	
Desenho figurativo + signos		Representa ações ou magnitudes inobserváveis em um espaço de representação heterogêneo	
Iconicidade	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	

Tabela 4. Definição e exemplificação² das unidades de análise (Silva, Braibante e Pazinato, 2013 (conclusão))

² Disponível em: <https://www.wikimedia.org/>. Decidiu-se utilizar figuras de sites públicos para exemplificação de cada categoria por conta da impossibilidade de usar as figuras dos livros que apresentam direitos autorais. Entretanto, as figuras selecionadas são representativas das que aparecem nos livros didáticos.

Categoria	Unidade	Definição	Exemplos ¹
	Inoperante	A ilustração não apresenta nenhum elemento utilizável, apenas cabe observá-la	
Funcionalidade	Operativo elementar	A ilustração contém elementos de representação universal	
	Sintática	A ilustração contém elementos que exigem o conhecimento de normas específicas	
	Sem etiqueta	A ilustração não contém nenhum texto	
Etiquetas verbais	Nominativa	Contém letras ou palavras que identificam alguns elementos da ilustração	
	Relacionável	Textos que descrevem as relações entre os elementos da ilustração.	

Além da classificação nessas cinco categorias e reconhecendo a importância da transição entre os níveis de representação da matéria para entendimento da Química, as imagens também foram avaliadas de acordo com o nível representacional (Tabela 5).

Tabela 5. *Definição das unidades de análise para os níveis de representação (Johnstone, 1991)*

Unidade	Definição
Macroscópico	Apresenta apenas aspectos observáveis e realistas
Submicroscópico	Ilustra aspectos inobserváveis e abstratos
Simbólico	Utilizada símbolos e códigos da Química
Macroscópico + Submicroscópico	Relaciona Macroscópico e Submicroscópico
Macroscópico + Simbólico	Relaciona Macroscópico e Simbólico
Submicroscópico + Simbólico	Relaciona Submicroscópico e Simbólico
Relaciona os três níveis	Transita entre os três níveis

Para reforçar a validade interna da análise e a categorização das imagens presentes nos LD, as análises foram realizadas, independentemente, por dois pesquisadores da área de Ensino de Química. Quando ocorreram divergências, os recursos visuais foram reavaliados e discutidos em conjunto, até chegar-se a um consenso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença do conteúdo de reações redox nos livros didáticos

Como cada coleção divide seus volumes de diferentes maneiras (capítulos, unidades e temas), optou-se por analisar e contabilizar o conteúdo redox em termos de subtemas. Considerou-se um subtema a cada momento em que o livro iniciava um novo item, seja do mesmo assunto ou de assuntos diferentes. Com essa consideração, foi possível minimizar a diferença de quantidade de capítulos presentes em cada livro analisado. A análise resultante dessa investigação está apresentada na Tabela 6.

Percebe-se que, ao se comparar a porcentagem de subtemas, L5 é o que mais aborda o conteúdo redox, onde esse conteúdo está presente em aproximadamente 24% do total de subtemas considerando os três volumes dessa coleção. Entretanto, considerando-se o número total de páginas, L4 possui a maior porcentagem de páginas relacionadas com o conteúdo em questão, totalizando 11% de todas as páginas dos três volumes.

Em L5 o conteúdo redox aparece proposto para ser abordado ao longo dos três anos do EM, estando de acordo com sua proposta de currículo em espiral, ou seja, os autores propõem trabalhar o conteúdo de forma periódica, permitindo o aluno ter contato com o mesmo tópico em diferentes níveis de profundidade e diferentes modos de representação.

Tabela 6. Quantidade do conteúdo redox presente nas coleções analisadas

Coleção	Volume	Quantidade de subtemas	Quantidade de subtemas com conteúdo de oxirredução	Porcentagem de subtemas com conteúdo de oxirredução	Número de páginas com conteúdo de oxirredução
L1 - Química Cidadã	1	47	0	0%	0
	2	47	2	4%	3
	3	52	16	31%	58
L2 - Química (Mortimer e Machado)	1	85	2	2%	2
	2	77	23	30%	49
	3	95	9	9%	12
L3 - Química (Martha Reis)	1	79	2	3%	14
	2	59	18	31%	52
	3	69	14	20%	20
L4 - Ser Protagonista	1	47	2	4%	6
	2	44	10	23%	74
	3	46	5	11%	9
L5 - Cadernos do Estado de SP	1	18	4	22%	10
	2	20	5	25%	37
	3	17	4	24%	9

L3 é o segundo que mais aborda o conteúdo redox, no qual aproximadamente 16% do total de subtemas corresponde a conceitos redox. Por outro lado, observa-se que L1 apresenta a menor porcentagem de subtemas sobre reações redox, sendo esse conceito preferencialmente abordado no volume 3. Isso diferencia o L1 das outras coleções, que apresentam o conteúdo redox concentrado majoritariamente no volume 2. O fato do conteúdo redox concentrar-se, na maioria dos livros analisados, no volume 2 está de acordo com dois documentos oficiais: o PCN+ e a Proposta Curricular do Estado de São Paulo.

A representação visual do conteúdo de reações redox nos livros didáticos brasileiros

Neste trabalho foram analisadas 299 representações visuais relacionadas com o conteúdo redox. Como descrito anteriormente, para essa análise investigou-se apenas os capítulos em que esse conteúdo é abordado com maior profundidade. Realizou-se essa consideração, pois, quando esse conteúdo é abordado dentro de outros temas, ou seja, fora do tema específico de reações redox, surge de forma mais geral, sem aprofundamento no conteúdo, muitas vezes na forma de exemplificação ou aplicação.

A respeito da categoria sequência didática, assumiu-se que o LD foi elaborado para se ler em sequência, dessa forma, analisaram-se os textos que antecedem e sucedem as

imagens. Na Figura 1 pode-se observar que apenas L4 inclui ilustrações em todas as possíveis unidades dessa categoria.

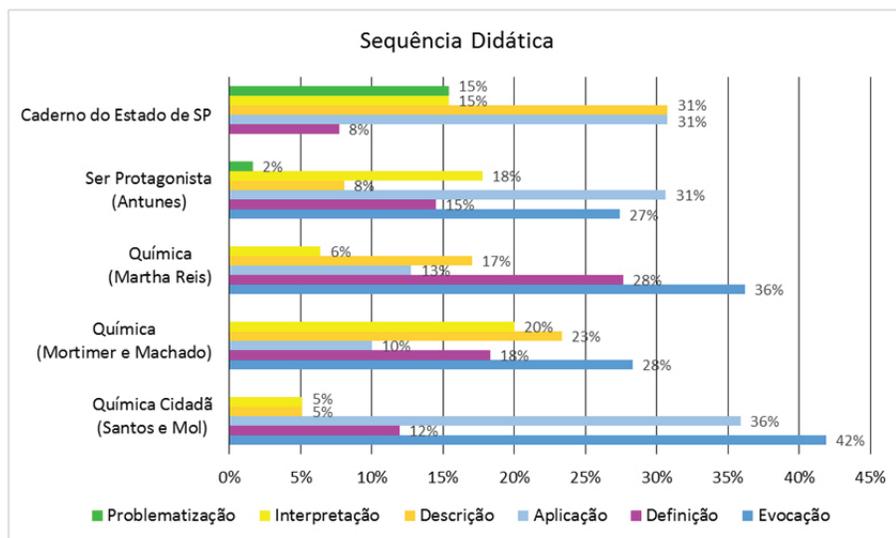


Figura 1. Distribuição dos recursos visuais quanto à sequência didática

Em geral, com exceção de L5 que apresenta um perfil diferenciado, as demais obras priorizam praticamente as mesmas unidades elementares. A unidade evocação é a unidade mais utilizada, sendo um recurso predominante no L1, onde corresponde a 42% dos recursos visuais e, também, para o L2, correspondendo a 36% dos recursos visuais. L5, por sua vez, não apresentou nenhum recurso visual que se enquadrasse na unidade evocação. Aplicação é a segunda unidade predominante, dessa forma os autores buscam trazer uma ilustração como um exemplo para fortalecer uma determinada definição.

Outro ponto importante é a pouca utilização de sequências didáticas problematizadoras, sendo essa observada em apenas dois dos cinco livros analisados e, mesmo assim, em um desses livros, ocorreu em baixa frequência. Dessa forma, conclui-se que, com exceção do L5, onde a problematização foi identificada em 15%, as demais obras tendem a uma abordagem mais tradicional de ensino.

A categoria iconicidade analisa a complexidade das imagens, sendo aquelas com maior grau de iconicidade, as mais realistas e as com menor grau de iconicidade, as mais abstratas.

Analisando-se a Figura 2 percebe-se a frequente utilização de fotografias pelos livros didáticos avaliados. Com exceção de L5, no qual essa unidade não é evidenciada, os demais livros utilizam a fotografia em mais de 50% dos recursos visuais. Essa é a unidade elementar com maior grau de iconicidade, igualando-se ao poder de resolução de um olho (Villafañe, 1988).

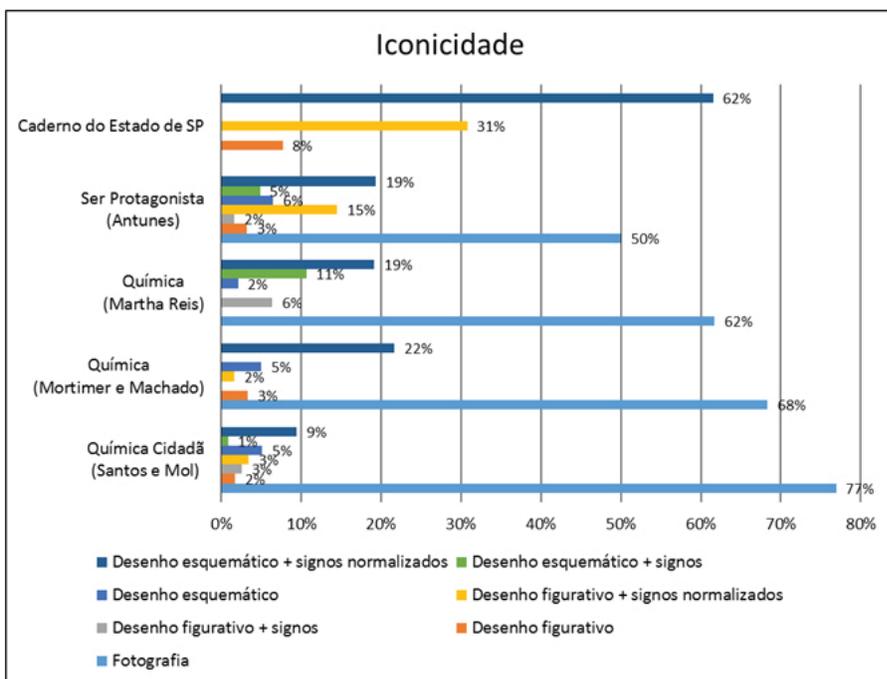


Figura 2. Distribuição dos recursos visuais quanto à iconicidade

Esse resultado pode ser decorrente de uma tentativa dos autores em tornar a leitura mais atraente e facilitar a compreensão dos alunos pelo conteúdo. Entretanto, observa-se que muitas dessas fotografias são utilizadas sem justificativas, apenas para mera observação ou exemplificação da realidade, tornando-as mais úteis à publicidade do que ao ensino (Perales & Jiménez, 2002). Por outro lado, também se pode observar que é frequente a utilização de desenhos esquemáticos com signos normalizados, unidade elementar com menor grau de iconicidade. Esse tipo de representação é mais abstrata e exige maior conhecimento específico, uma vez que necessita da interpretação de códigos simbólicos. De acordo com a Figura 2, também é frequente a utilização de desenhos figurativos com signos normalizados. A diferença entre desenho figurativo e esquemático é que o primeiro tenta, através da representação, imitar a realidade, enquanto o segundo não se importa com detalhes.

A categoria funcionalidade analisa a função didática das imagens. A partir da Figura 3 é perceptível a predominância de representações visuais do tipo inoperante. Esse dado indica que poucas ilustrações presentes nos livros auxiliam a compreensão dos conteúdos científicos, pois são adotadas apenas para ilustrar fatos ou conceitos.

Essa categoria se relaciona com a categoria iconicidade e, a partir do resultado obtido, fica mais evidente que uma das principais funções das representações é apenas chamar a atenção dos leitores.

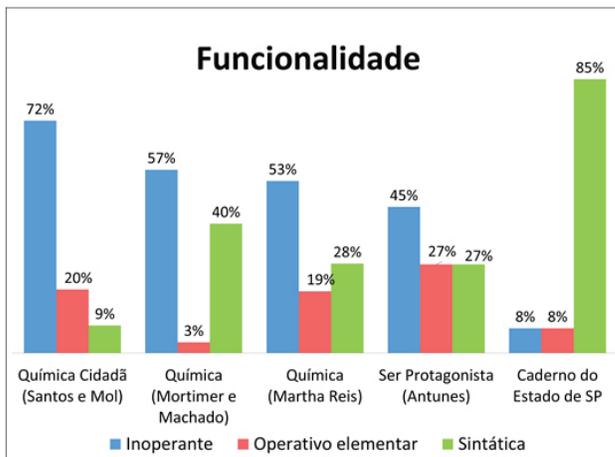


Figura 3. Distribuição dos recursos visuais quanto à Funcionalidade

Diferentemente dos demais livros, observa-se que o L5 abrange significativamente a unidade elementar sintática, que, dentro dessa categoria é a mais complexa e possui alto valor didático, pois exige o conhecimento de normas, códigos e símbolos específicos. Entretanto, essas imagens deveriam ser acompanhadas de explicações que subsidiassem a compreensão do conceito pelos estudantes.

A categoria relação com o texto principal analisa como as imagens estão conectadas em relação ao texto. Essa conexão se faz necessária, pois muitas vezes as imagens por si só não expressam o significado pretendido. Dessa maneira, as imagens podem estar isoladas no texto, apresentar alguma interação ou podem estar fortemente relacionadas com o texto principal. Conforme a Figura 4 observa-se que, com exceção do L5 os demais livros analisados apresentaram a maioria das imagens do tipo conotativa, ou seja, imagens sem correspondência entre os seus elementos e os conteúdos abordados, e grande parte dos recursos visuais desconectados do texto principal. O L2 apresenta cerca de 42% de suas imagens referentes à unidade elementar sinóptica, o que significa que a imagem está acompanhada de texto, que auxilia a sua compreensão.

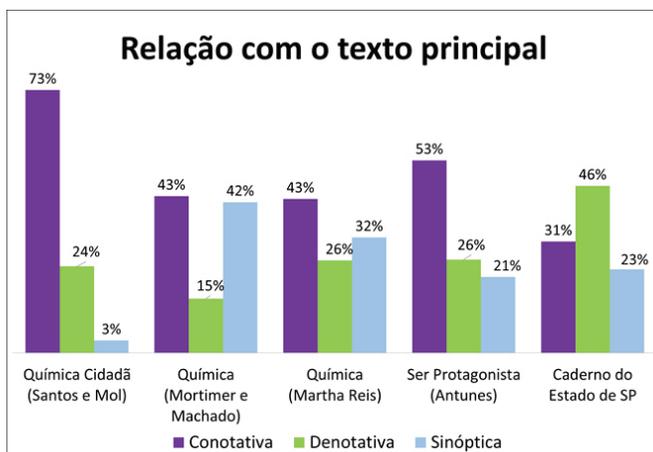


Figura 4. Distribuição dos recursos visuais quanto à relação com o texto principal

Para os autores, as imagens e seus significados parecem ser óbvias, entretanto, para muitos alunos esse é o primeiro contato com essas representações e a falta de informação pode dificultar o entendimento do conceito (Gibin, Kiill & Ferreira, 2009).

Em relação à categoria etiquetas verbais, foram considerados os textos incluídos nas ilustrações. De acordo com a Figura 5, nota-se que os livros didáticos apresentaram a mesma tendência: sem etiqueta > nominativa > relacionável, novamente com exceção do L5, que apresenta mais de 70% de suas imagens nominativas e nenhuma ilustração sem etiqueta.

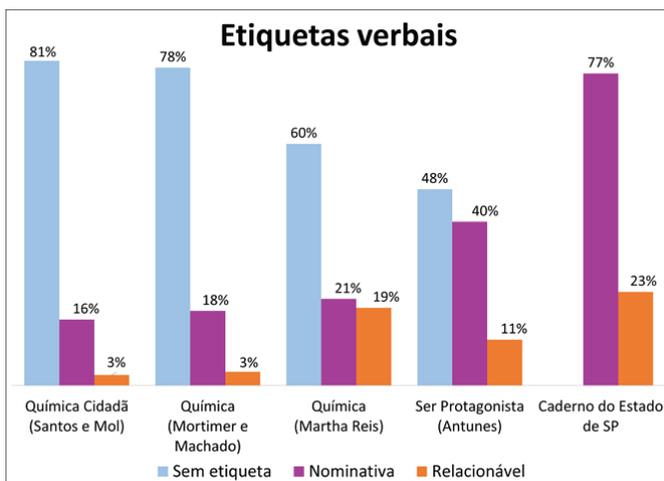


Figura 5. Distribuição dos recursos visuais quanto à etiqueta verbal

Esse resultado indica que os autores consideram que as figuras não precisam de palavras que as complementem, ou seja, que são autossuficientes. Entretanto, palavras ou textos presentes nas imagens podem ser importantes para dar ênfase a um determinado conceito ou mesmo dar sentido às figuras.

Os níveis de representação, na Figura 6 observar-se que a maioria das ilustrações é de nível macroscópico, estando presente em todas as coleções analisadas. Nas imagens avaliadas, há pouca representação no nível microscópico, surgindo, na maioria das vezes, apenas quando as ilustrações abordam duas ou mais representações simultaneamente. As ilustrações que contemplam apenas o nível macroscópico estão presentes em mais de 65% dos livros. As representações de nível macroscópico apresentam outras funções didáticas como, por exemplo, exemplificação e contextualização. Entretanto, essas representações não colaboram na transição entre os níveis representacionais.

As imagens classificadas somente no nível submicroscópico estão presentes apenas em um livro, o L1. Esse nível de representação é importante no ensino de Química, uma vez que apresenta aspectos inobserváveis, propiciando o processo de compreensão de fenômenos químicos (Pazinato, Braibante, Miranda & Freitas, 2016).

O nível simbólico é importante para a linguagem Química, que é formada por símbolos e códigos específicos. Dessa forma, esperava-se uma maior quantidade de imagens com representações em nível submicroscópico, mesmo que associadas aos demais níveis. O L3 não aborda, em nenhum momento, o nível microscópico dentro do conteúdo de reações redox.

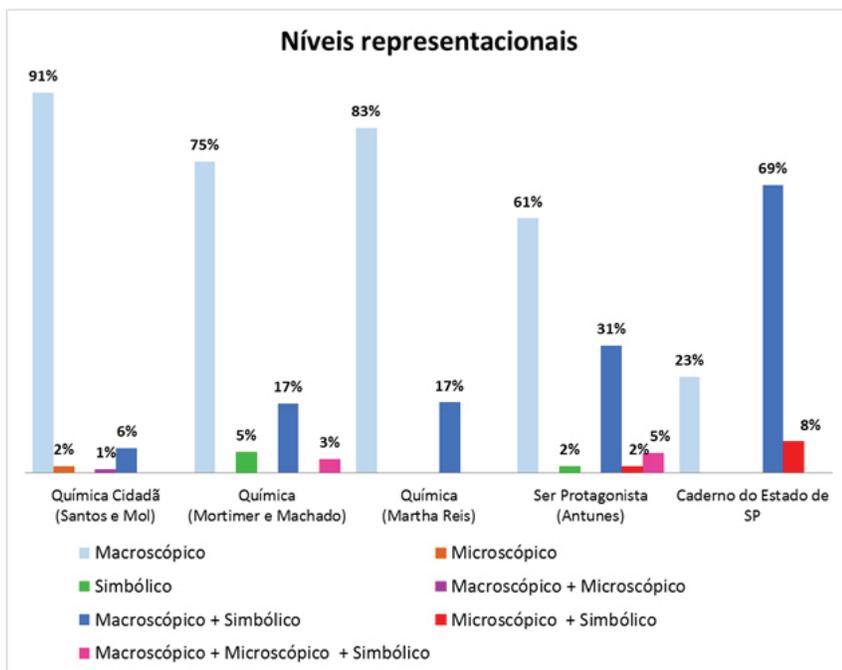


Figura 6. Distribuição dos recursos visuais quanto aos níveis de representação

O nível submicroscópico aparece relacionado a outro nível em três livros, a saber, em L1 associado ao nível macroscópico e em L4 e L5, associado ao nível simbólico. O L5 é o que mais utiliza representações de nível macroscópico e simbólico simultaneamente. Apenas dois livros apresentam imagens que contêm os três níveis de representação simultaneamente, L2 e L4. As imagens que relacionam diferentes níveis de representação podem ser boas ferramentas no processo de aprendizagem, por permitirem estabelecer relações entre a teoria e a prática (Gibin & Ferreira, 2013).

As representações visuais e as dificuldades do ensino de reações redox

Em consonância com os aspectos investigados nos livros didáticos analisados, acredita-se que a construção desse material deva ser minuciosa, pois certos aspectos podem estar associados a dificuldades de aprender o conteúdo redox. Apesar dos autores enfatizarem que essas reações não se limitam apenas na presença de oxigênio, não se observou a ênfase em ressaltar a questão da simultaneidade das reações de oxidação e de redução. Esse aspecto poderia estar mais evidenciado ao longo dos volumes, uma vez que é sabidamente conhecido ser a raiz de algumas das dificuldades dos alunos. Além disso, ao invés de abordar o processo de eletrólise e pilha de forma separada, seria mais proveitoso comparar esses processos, por meio da disposição de tabelas e representações que suscitassem as principais diferenças entre eles.

Outro aspecto importante está relacionado às representações visuais. Por exemplo, ao representar a pilha de Daniell com uma lâmpada acesa, deve-se ressaltar que não é qualquer lâmpada que irá acender e que esse fenômeno depende da diferença de potencial. Nas diversas representações de pilhas e eletrólises seria importante que a posição do ânodo e do cátodo variasse, desconstruindo a ideia de que a identidade do ânodo e do cátodo depende da posição das meias-células (ânodo à esquerda, cátodo à direita).

Um forte indício das possíveis dificuldades com redox é o escasso contato com o nível microscópico. Ademais, as ilustrações com duas ou mais representações simultaneamente, sem que se enfatize uma explicação sobre as mesmas, pode estar no cerne das dificuldades dos alunos.

CONCLUSÃO

Os livros didáticos são frequentemente utilizados pelos professores, normalmente como um instrumento didático, podendo facilitar a maneira com que os conteúdos programáticos são construídos, mediante uma forma mais clara e, acima de tudo, ilustrativa. É fundamental ressaltar a importância da análise dos LD, pois, com os resultados é possível a tomada de consciência da limitação desses materiais, além de ser uma forma de contribuir no aprimoramento da qualidade dos LD.

Finalizada a análise crítica dos livros didáticos aprovados no PNLD 2015 e da proposta curricular do Estado de São Paulo pode-se observar que as coleções, de forma geral, abordam o conteúdo redox de forma contextualizada e tentam envolver os alunos com questões relacionadas à sociedade e ao meio em que vivem, permitindo grande integração entre conteúdos químicos e os assuntos presentes no cotidiano. Observa-se que a maior parte do conteúdo redox está presente no segundo volume das coleções, destinados ao segundo ano do EM. Esses dados concordam com documentos oficiais, o PCN+ e a Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Além disso, apenas uma coleção não aborda esse conteúdo durante os três anos do EM, com retomada e aprofundamento dos conceitos. Os LD são bastante ilustrativos, seja com imagens ou representações dos fenômenos químicos.

Observa-se uma diversidade na forma como as imagens são apresentadas em cada livro. Embora a presença das imagens seja uma constante, é significativo o número de ilustrações desconectadas do texto principal e do maior número de fotografias em relação a outras formas de representação. A maioria das ilustrações priorizam apenas dois níveis de representação, macro e simbólico, além de não estabelecer uma relação entre esses dois níveis, o que pode ser um forte indício das possíveis dificuldades apresentadas no ensino redox.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento, processos nº 2013/07937-8, nº 2014/14356-4, nº2015/13274-7, nº2016/08677-8.

REFERÊNCIAS

- Ahtee, M., Asunta, T., & Palm, H. (2002). Student Teachers Problems in teaching electrolysis with a key demonstration. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(3), 317-326. Recuperado em 25 de julho, 2017, de <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2002/rp/b0rp90031a#!divAbstract>
- Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry*. Berlim: Springer-Verlag.
- Basheer, A., Hugerat, M., Kortam, N., & Hofstein, A. (2017). The Effectiveness of Teachers' Use of Demonstrations for Enhancing Students' Understanding of and Attitudes to Learning the Oxidation-Reduction Concept. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(3), 555-570. Recuperado em 27 de julho, 2017, de <http://www.ejmste.com/The-Effectiveness-of-Teachers-Use-of-Demonstrations-for-Enhancing-Students-Understanding-of-and-Attitudes-to-Learning-the-Oxidation-Reduction-Concept,63575,0,2.html>
- Brasil. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias). Brasília: MEC/Semtec.

- Brasil. (2002). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB.
- Brasil. (2009). *Programa Nacional do Livro Didático*. Brasília: MEC / Secretária da Educação Básica.
- Brasil. (2014). *Guia de Livro Didático PNLD 2015 ensino médio: química*. Brasília: MEC/Secretária da Educação Básica.
- Cássio, L. F., Cordeiro, D. S., Corio, P., & 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, 595-619. Recuperado em 28 de julho, 2017, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_3_7_ex642.pdf
- Diaz, L., & Pandiella, S. (2007). Categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de Tecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 424-441. Recuperado em 28 de julho, 2017, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART11_Vol6_N2.pdf
- Fontes, A. M., Lourenço, M. F. d. P., & Messeder, J. C. (2012/Julho). A representação experimental da pilha de Daniell nos livros didáticos: um erro questionado. *Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química*, Salvador, BA, Brasil. Recuperado em 25 de julho, 2017 <https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7710/5650>
- Gibin, G. B., & Ferreira, L. H. (2013). Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. *Química Nova na Escola*, 35(1), 19-26. Recuperado em 29 de julho, 2017, de http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/04-RSA-87-10.pdf
- Gibin, G. B., Kiill, K. B., & Ferreira, L. H. (2009). Categorização das imagens referentes ao tema equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 711-721. Recuperado em 29 de julho, 2017, de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART18_Vol8_N2.pdf
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. Recuperado em 30 de julho, 2017, de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690600702470>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education Trans.). In: Gilbert, J. K. & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4, pp.1-10). Dordrecht: Springer.
- Gouvêa, G., & Oliveira, C. I. C. (2010). Memória e representação: imagens nos livros didáticos de física *Ciência & Cognição*, 15(3), 69-83.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Klein, S. G., & Braibante, M. E. F. (2017). Reações de oxirredução e suas diferentes abordagens. *Química Nova na Escola*, 39(1), 35-45.
- Leite, V. M., Silveira, H. E. d., & Dias, S. S. (2006). Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: um estudo das imagens de átomos. *Candombá – Revista Virtual*, 2(2), 72-79.

Recuperado em 23 de junho, 2017, de <http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2006-v2n2/pdfs/HelderEternodaSilveira2006v2n2.pdf>

Martins, A. L. d. S., Soares, E. C., Silva, D. R. d., & Valentim, J. A. (2016/Julho). Análise do conceito de Eletrólise nos livros didáticos de Química do PNLD-2015 e periódicos nacionais. *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)*, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado em 29 de outubro, 2017, de <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0295-2.pdf>

Martins, A. N. A. (2015). *Abordagem da problemática do descarte de pilhas e baterias nos livros didáticos de química do PNLD 2015 para o conteúdo de eletroquímica*. [Monografia de Licenciatura]. Campina Grande, Paraíba: Universidade Estadual da Paraíba.

Mendonça, R. J., Campos, A. F., & Jófili, Z. M. S. (2004). O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de química orgânica do ensino médio. *Química Nova na Escola*, 20, 45-48. Recuperado em 30 de junho, 2017, de <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a08.pdf>

Mortimer, E. F. (1988). A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. *Em Aberto*, 7(40), 17. Recuperado em 27 de agosto, 2017, de http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/fabiola/materiais/livro_didatico_mortimer.pdf

Nyachwaya, J. M., & Gillaspie, M. (2016). Features of representations in general chemistry textbooks: a peek through the lens of the cognitive load theory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 58-71. Recuperado em 27 de agosto, 2017, de <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/rp/c5rp00140d#!divAbstract>

Österlund, L.-L., Berg, A., & Ekborg, M. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 182-192. Recuperado em 28 de agosto, 2017, de <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2010/rp/c005467b#!divAbstract>

Pazinato, M. S., Braibante, M. E. F., Miranda, A. C. G., & Freitas, R. T. G. d. (2016). Análise dos recursos visuais utilizados no capítulo de ligações químicas dos livros didáticos do PNLD 2015. *Acta Scientiae*, 18(121-144), 121. Recuperado em 28 de agosto, 2017, de <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/1618>

Perales, F. J., & Jiménez, J. d. D. (2002). Las ilustraciones en las enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Investigación Didáctica*, 20(3), 369-386. Recuperado em 29 de agosto, 2017, de <http://www.raco.cat/index.php/%EE%80%80Ensenanza%EE%80%81/article/viewFile/21826/21660>

Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2005). Making sense of photographs. *Science Education*, 89(2), 219-241. Recuperado em 30 de agosto, 2017, de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sc.20045/abstract>

Schmidt, H. J., Marohn, A., & Harrison, A. G. (2007). Factors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 258-283.

Siganski, B. P., Frison, M. D., & Boff, E. T. d. O. (2008/Julho). O Livro Didático e o Ensino de Ciências. *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)*, Curitiba, PR, Brasil. Recuperado em 29 de agosto, 2017, de <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0468-1.pdf>

Silva, G. S., Braibante, M. E. F., & Pazinato, M. S. (2013). Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. *Revista*

Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 13(2), 159-182. Recuperado em 30 de agosto, 2017, de <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2470>

Silva, L. A. d., & Silva, F. C. V. d. (2016/Julho). A contextualização do conteúdo de eletroquímica: um olhar para o livro didático e para concepções de professores de química. *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)*, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado em 25 de outubro, 2017, de <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1367-1.pdf>

Villafañe, J. (1988). *Introducción a la Teoría da la Imagem*. Madrid: Pirâmide.

Wartha, E. J., & Rezende, D. d. B. (2011). Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 275-290. Recuperado em 30 de agosto, 2017, de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/230/162>