

# Análise dos recursos visuais utilizados no capítulo de ligações químicas dos livros didáticos do PNLD 2015

Maurícius Selvero Pazinato  
Mara Elisa Fortes Braibante  
Ana Carolina Gomes Miranda  
Renata Teixeira Gomes de Freitas

## RESUMO

Este artigo apresenta uma análise das representações visuais, utilizadas nos capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas, dos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2015. A proposta metodológica empregada, baseada nas categorias de Perales e Jiménez (2002) e na classificação de Johnstone (1993) para as dimensões do conhecimento químico, se mostrou eficiente, visto que proporcionou a avaliação dos recursos visuais em diversos aspectos. Considerando a importância das imagens no processo de ensino e aprendizagem de ligações químicas, esperamos que os resultados deste trabalho contribuam para discussões sobre o tema, bem como com a qualidade dos materiais didáticos.

**Palavras-chave:** Livros Didáticos. Recursos Visuais. Ligações Químicas.

## Analysis of the visuals resources used in the chemical bonds chapter of the PNLD's textbooks 2015

## ABSTRACT

This paper presents an analysis of visual representations used in the chapters about the chemical bonds content from the textbooks approved by Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2015. The employed methodological proposal was based on categories of Perales and Jiménez (2002) and on the Johnstone's classification to the dimensions of chemical knowledge (1993), it was efficient. It provided the evaluation of the visual resources in many ways.

---

**Maurícius Selvero Pazinato** é Mestre em Educação em Ciências e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Atualmente, é Professor da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, *campus* Dom Pedrito/RS. E-mail: mauriciuspazinato@unipampa.edu.br

**Mara Elisa Fortes Braibante** é Doutora em Ciências (Química orgânica). Atualmente, é professora titular do Departamento de Química, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. E-mail: maraefb@gmail.com

**Ana Carolina Gomes Miranda** é Mestre em Educação em Ciências, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. E-mail: carolinamiranda.ufsm@gmail.com

**Renata Teixeira Gomes de Freitas** é acadêmica do curso Licenciatura em Ciências da Natureza, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Departamento de Ciências da Natureza. E-mail: renata.tgf.tg@gmail.com  
Recebido para publicação em 6/11/2015. Aceito, após revisão, em 29/02/2016.

|                |        |      |     |           |                |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|
| Acta Scientiae | Canoas | v.18 | n.1 | p.121-144 | jan./abr. 2016 |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|

Considering the importance of the images in the teaching and learning of chemical bonds, we hope that this paper contribute to discussions about the subject and for the quality of textbooks.

**Palavras-Chave:** Textbooks. Visual resources. Chemical bonds.

## INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que o livro didático (LD) tem papel de destaque no ensino médio. A sua influência no cenário educacional de Química é abordada, em pesquisas da área, desde a década de 80 (SCHNETZLER, 1981), tendo se intensificado o número de publicações nos últimos anos. As justificativas das pesquisas já desenvolvidas para a escolha deste tema são praticamente restritas à abrangência, ao impacto, importância e utilidade dos LD no ensino.

Aliado à relevância dos LD, este trabalho traz como foco o conteúdo de ligações químicas, central para o entendimento da constituição dos materiais e fenômenos da natureza. Os documentos oficiais, em âmbito nacional (BRASIL, 2006) e estadual (RIO GRANDE DO SUL, 2009), apontam que, ao final do ensino médio, os estudantes devem compreender as ligações químicas como resultantes de interações eletrostáticas entre átomos, moléculas ou íons de forma a se obter uma maior estabilidade, além de utilizarem a teoria quântica para uma interpretação mais completa das ligações e propriedades químicas.

Proporcional à importância deste conteúdo é a sua complexidade. Além de abstrato, o entendimento do tópico de ligações químicas exige a transição entre os diferentes níveis de representação da matéria: macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 1993). Através das relações entre estes níveis, os estudantes poderão interpretar, por exemplo, as propriedades das substâncias, observadas visualmente, associadas ao arranjo e movimento de átomos e íons nas diferentes interações interatômicas, bem como representarem esta união por meio da linguagem simbólica da Química.

No entanto, pesquisas da área (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006; FERNANDES; CAMPOS, 2012) revelam que os estudantes apresentam muitas dificuldades e não conseguem associar as três dimensões do conhecimento químico durante o estudo das ligações químicas. Uma das alternativas que surge com potencial de minimizar essas dificuldades são os recursos visuais, visto que podem auxiliar na compreensão de conceitos abstratos e na transição entre os níveis de representação da matéria.

Segundo Kiill (2009), a imagem é vista como uma forma de comunicação que conquistou seu espaço em diferentes contextos de ensino. Para Johnson-Laird (1983), elas constituem visualizações internas de um modelo, ou seja, visualizações mentais que o sujeito utiliza para compreender o mundo. É importante ressaltar que no contexto do ensino médio, grande parte das imagens utilizadas provém dos LD adotados pelas escolas através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Neste trabalho, partimos da hipótese de que o emprego de recursos visuais em materiais didáticos,

como os LD, pode beneficiar a aprendizagem dos estudantes, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que investiguem as contribuições didáticas dos recursos visuais utilizados no ensino de Química.

A partir destas considerações, nos propusemos a buscar respostas para o seguinte problema: *Como são empregadas e qual a função didática das imagens utilizadas no capítulo de ligações químicas dos LD aprovados pelo PNL D (2015-2017)?*

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar as representações visuais dos LD selecionados pelo PNL D, para o triênio 2015-2017, na abordagem do conteúdo de ligações químicas. Antes da discussão dos resultados obtidos neste trabalho, apresentaremos a seguir as funções dos recursos visuais nos LD, bem como algumas pesquisas desenvolvidas com propósitos semelhantes à nossa.

## **RECURSOS VISUAIS: FUNÇÕES E FOCO DE PESQUISAS EM LD**

As imagens fazem parte da História da Química desde a época dos alquimistas. Naquele período, vários códigos foram elaborados e utilizados para representar, por exemplo, os elementos químicos. Alguns símbolos, como o utilizado para o aquecimento permanece até hoje (MAAR, 2008).

Conforme já salientamos, na maioria das vezes, o contato dos estudantes e professores com imagens relacionadas ao contexto químico ocorre por intermédio dos LD. Apesar das mais variadas fontes de pesquisa existentes hoje, o LD ainda constitui a principal ferramenta utilizada no âmbito escolar e conseqüentemente a de maior impacto.

A fim de conhecer as funções didáticas dos recursos visuais nos LD, Perales e Jiménez (2002) realizaram uma revisão na literatura da área, em que destacam as seguintes funções:

- 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)

Outro argumento utilizado a favor das imagens no ensino de Química é que, quando bem empregadas, favorecem a transição entre os níveis de representação da

matéria. A pesquisa de Gibin e Ferreira (2013) constatou que o nível simbólico é o mais utilizado no ensino formal de Química. Contudo, alertam que imagens que contemplam diferentes níveis de representação podem auxiliar no processo de imaginar fenômenos, no estabelecimento de relações entre a teoria e a prática. Os autores ressaltam a importância do emprego de imagens que representam o nível submicroscópico em sala de aula, ou seja, que evidenciam aspectos não observáveis da matéria, desta forma, favorecendo o processo de compreensão de fenômenos químicos.

A respeito das pesquisas com viés para análise das imagens nos LD, em outra ocasião, nosso grupo pesquisou as representações visuais utilizadas na abordagem do conteúdo de modelos atômicos pelos LD do PNLD do triênio 2012-2014 (SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013). Neste estudo, analisamos 163 recursos visuais utilizados nos capítulos referentes aos modelos atômicos e identificamos uma diversidade na forma como são empregados nos cinco livros avaliados. Dentre os resultados obtidos, detectamos um grande número de ilustrações desconectadas do texto principal, o que dificulta a linearidade da leitura, visto que os textos escritos e as imagens se complementam. Em relação ao nível de representação da matéria, observamos que a grande maioria das imagens faz alusão aos níveis macroscópico e simbólico.

O trabalho de Gibin, Kiill e Ferreira (2009) categorizou as imagens referentes ao tema equilíbrio químico de seis LD de Química do ensino médio. Os autores apontam que quase não há sequências ‘texto – imagem’ problematizadoras, sendo a maioria delas do tipo descritiva, o que faz com que as obras tendam para uma abordagem mais tradicional. Poucas ilustrações têm por finalidade a função de auxiliar na compreensão dos conceitos, um elevado número delas apresenta função meramente ilustrativa. Também enfatizam para a importância de ter cautela com a inserção de qualquer imagem em obras didáticas, de forma que se busque um ensino menos superficial e mais aprofundado nas interações atômico-moleculares dos fenômenos químicos.

Em específico sobre o emprego de recursos visuais na abordagem do conteúdo de ligações químicas, Matus, Benarroch e Nappa (2011) classificaram as imagens utilizadas em 18 LD de três níveis de ensino da educação argentina (livros destinados a estudantes de 12, 15 e 18 anos) em: grau de iconicidade, linguagem envolvida e o modelo atômico.

Em relação à iconicidade, observaram que a medida que o nível de ensino aumenta, diminui o grau de iconicidade, ou seja, aumenta a abstração das representações. Nos LD para estudantes de 12 anos, a maioria das representações é figurativa, principalmente do tipo modelo “bolinhas”. Já nos LD para estudantes de 15 e 18 anos, estas representações são substituídas pelas de Lewis, orbitais moleculares e orbitais híbridos, de menor grau de iconicidade. A respeito do tipo de linguagem envolvida, o uso de representações gráficas diminui gradualmente ao ascender de nível. Os autores dos LD preferem utilizar modelos com linguagens mais formais para os níveis mais adiantados. Por último, o modelo atômico utilizado para representar as ligações químicas que considera a configuração eletrônica é uma constante nos livros dos três níveis de ensino. No nível mais básico, encontra-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.

No recente trabalho publicado por Scalco, Cordeiro e Kiill (2015) é verificada a importância das imagens presentes nos LD para compreensão do conteúdo de ligação iônica. Para realização do estudo, os pesquisadores selecionaram uma imagem que representa o modelo de ligação iônica, contemplando a representação do retículo cristalino do cloreto de sódio. Os sujeitos desta pesquisa, estudantes da 3ª série do ensino médio, deveriam observar e descrever o que compreendiam sobre a imagem. A análise dos resultados foi baseada na teoria semiótica peirceana, de acordo com a relação signo e interpretante dinâmico, a partir das categorias: emocional, energético e lógico.

Quanto aos resultados, não houve respostas classificadas como interpretante emocional, o que indica que os estudantes possuem alguma ideia sobre o assunto abordado. 68% das repostas foram classificadas como interpretante energético, ou seja, identificam os constituintes químicos representados na imagem como, por exemplo, bolas de determinada cor representam os íons sódio. E o restante das respostas (32%) foi classificado na categoria interpretante lógico. Estas apresentam como característica a compreensão da organização dos íons de cargas opostas, além da atração mútua entre eles que forma o retículo cristalino iônico, característico da substância cloreto de sódio.

Os autores ainda analisaram especificamente as respostas da categoria interpretante lógico em níveis, que podem ser: elementar, intermediário e avançado. Dos 32% de respostas analisadas, a maioria delas é do tipo elementar, apresentando características evidentes da ligação iônica como a atração entre íons. As respostas classificadas como grau intermediário, consideram a atração dos íons e a compreensão de uma quantidade não limitada da estrutura cristalina representada. No último nível, grau avançado, as respostas apresentam generalizações dos conceitos, demonstram o entendimento de que o sal de cozinha tem em sua composição íons de cargas opostas que se atraem para formar o composto, relacionando essa característica com as propriedades periódicas dos átomos. O termo estabilidade é utilizado ao fazer referência à doação de um elétron do sódio para o cloro. Para finalizar o artigo, os autores afirmam que as imagens têm importante função para a compreensão de conceitos químicos, principalmente os que são representados por modelos submicroscópicos, como é o caso das ligações químicas.

Levando em consideração estes referenciais e certos de que este tipo de investigação contribui de forma significativa no aprimoramento da qualidade dos livros textos de Química, a seguir apresentamos a metodologia utilizada para avaliar as representações empregadas na abordagem do conteúdo de ligações químicas pelos LD aprovados pelo PNLD-2015.

## METODOLOGIA DE ANÁLISE

Os dados desta pesquisa foram coletados nos primeiros volumes dos quatro LD aprovados pelo PNLD-2015 (Quadro 1). Consideramos como imagens as representações do tipo fotografia, desenho, diagrama, esquema, gráfico, tabela e quadro.

QUADRO 1 – Códigos de identificação, livros analisados e suas informações.

| Código | Livro                            | Autor  | Editora  | Edição | Ano  |
|--------|----------------------------------|--|----------|--------|------|
| A      | <i>Química 1</i>                 | Martha Reis M. da Fonseca                      | Ática    | 1ª     | 2013 |
| B      | <i>Química 1</i>                 | Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado | Scipione | 2ª     | 2013 |
| C      | <i>Química cidadã</i>            | Wildson Santos e Gerson Mol (coords.)          | AJS      | 2ª     | 2013 |
| D      | <i>Ser protagonista: Química</i> | Murilo Tissoni Antunes                         | SM       | 2ª     | 2013 |

Para a análise dos recursos visuais, presentes nos capítulos referentes às ligações químicas dos LD supracitados, foram utilizadas categorias propostas por Perales e Jiménez (2002). Além disso, elaboramos uma categoria, baseada nos níveis de representação da matéria (JOHNSTONE, 1993). O Quadro 2 apresenta a definição das categorias utilizadas, neste trabalho, para análise dos recursos visuais.

QUADRO 2 – Categorias do critério “Recursos visuais”.

| 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   |
| Níveis de representação       | Considera os três níveis de representação da matéria   |

Essas categorias se subdividem em unidades elementares. A seguir descreveremos detalhadamente cada uma e apresentaremos suas unidades elementares.

A sequência didática considera que os parágrafos são lidos sequencialmente pelos estudantes e o foco da análise está no texto que antecede e sucede as imagens. As unidades elementares desta primeira categoria estão descritas no Quadro 3.

QUADRO 3 – Unidades elementares da categoria 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 categoria iconicidade analisa a complexidade das imagens. Nesta categoria, há dois tipos de representações visuais: as mais realistas e as mais abstratas. Estas últimas exigem um maior conhecimento do código simbólico, portanto, apresentam um menor grau de iconicidade. As unidades elementares desta categoria são expostas no Quadro 4, em que, por exemplo, a unidade elementar “fotografia” é a mais realista, ou seja, apresenta o maior grau de iconicidade. Já a unidade elementar “desenho esquemático + signos normalizados” é a mais abstrata e possui menor grau de iconicidade, mas necessita de maior conhecimento específico.

QUADRO 4 – Unidades elementares da categoria 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.                                 |

A principal justificativa para a utilização de uma imagem no ensino de Química é sua função didática. Quanto à funcionalidade, os recursos visuais dos livros textos foram classificados em três unidades elementares (Quadro 5).

QUADRO 5 – Unidades elementares da categoria funcionalidade.

| <b>Unidade</b>      | <b>Definição</b>   |
|---------------------|--|
| 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. |

Em muitos casos, somente as imagens não conseguem expressar o significado conceitual desejado, necessitando de uma menção ou explicação no texto. Neste contexto, a categoria relação com o texto principal foi analisada de acordo com o Quadro 6.

QUADRO 6 – Unidades elementares da categoria relação com o texto principal.

| <b>Unidade</b> | <b>Definição</b>  |
|----------------|---|
| 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. A imagem e o texto formam uma unidade indivisível.                        |

Nesta análise, os textos das ilustrações foram denominados de etiquetas verbais. O fato de o texto estar presente no recurso visual o torna autossuficiente e permite distingui-lo de um recurso dependente do texto não ilustrado. O Quadro 7 apresenta as unidades desta categoria.

QUADRO 7 – Unidades elementares da categoria etiqueta verbal.

| <b>Unidade</b> | <b>Definição</b>   |
|----------------|--|
| 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 para esta investigação, pois leva em consideração os tópicos chave das ligações químicas. Os recursos visuais foram quantificados considerando as unidades elementares apresentadas no Quadro 8.

QUADRO 8 – Unidades elementares da categoria conteúdo científico.

| Unidade           | Definição   |
|-------------------|---|
| Ligação química   | São utilizadas para a apresentação do conceito inicial da ligação química, geralmente introduzem o assunto. Ainda engloba representações que comparam as interações interatômicas |
| Estabilidade      | Relacionadas a aspectos energéticos ou aos gases nobres   |
| Regra do octeto   | Especificamente utilizadas para o desenvolvimento da teoria do octeto e exemplificações de compostos que seguem a regra   |
| Ligação iônica    | Ilustram a transferência de elétrons, atração entre íons, retículos cristalinos ou aspectos e propriedades macroscópicas dos compostos iônicos                                    |
| Ligação covalente | Ilustram o compartilhamento de elétrons, polarização e geometria das moléculas ou aspectos e propriedades macroscópicas dos compostos moleculares                                 |
| Ligação metálica  | Ilustram o modelo do mar de elétrons, retículos cristalinos, ligas metálicas ou aspectos e propriedades macroscópicas dos compostos metálicos                                     |

Considerando a relevância dos níveis de representação da matéria para o entendimento das ligações químicas, investigamos se os recursos visuais dos LD auxiliam os estudantes na transição entre estes níveis. As unidades elementares desta análise são apresentadas no Quadro 9.

QUADRO 9 – Unidades elementares da categoria níveis de representação.

| Unidade                  | Definição   |
|--------------------------|---|
| Macroscópico (Mac)       | Apresenta apenas aspectos observáveis e realistas   |
| Submicroscópico (Smic)   | Ilustra aspectos inobserváveis e abstratos  |
| Simbólico (Simb)         | Utilizada símbolos e códigos da Química   |
| Relaciona dois níveis    | Relaciona dois níveis, pode ser de três tipos:<br>$Mac \longleftrightarrow Smic$ $Mac \longleftrightarrow Simb$ $Smic \longleftrightarrow Simb$ |
| Relaciona os três níveis | Transita entre os três níveis:<br>$Mac \longleftrightarrow Smic \longleftrightarrow Simb$<br>   |

A metodologia utilizada para avaliação das representações visuais dos LD foi realizada por uma equipe de pesquisadores da área de ensino de Química, constituída por professores universitários, alunos de pós-graduação (doutorado) e graduação (iniciação científica). Cada pesquisador analisou independentemente os capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas presentes nos primeiros volumes das coleções aprovadas pelo PNLD-2015. 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. Esta metodologia foi

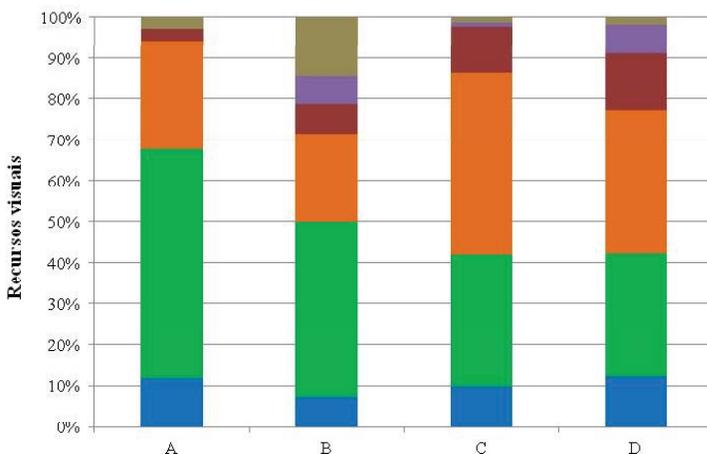
desenvolvida com o propósito de diminuir parcialidades durante as análises, o que confere maior confiabilidade dos resultados e garante sua validade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao total foram avaliados 200 recursos visuais, encontrados nos capítulos referentes às ligações químicas, dos quatro LD aprovados pelo PNL D 2015. A distribuição por obra foi a seguinte: 34, 28, 81 e 57 imagens pertencentes aos livros A, B, C e D respectivamente.

A imagem pode ser considerada uma complementação do sentido do texto, por si só não garante a aprendizagem dos conceitos (CARNEIRO; BARROS; JOTTA, 2003). Neste sentido, deve ser bem planejada a sequência texto – ilustração – texto. A análise da categoria sequência didática mostra que os LD utilizam parágrafos seguidos de imagens principalmente para definir um termo novo ou consolidar uma definição. A Figura 1 expõe que as unidades elementares definição e aplicação são as mais frequentes nos quatro livros analisados.

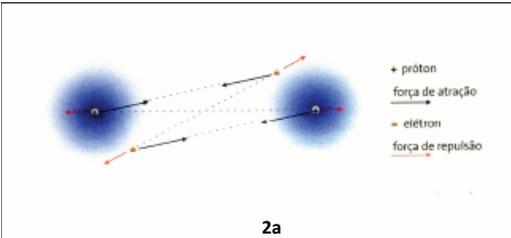
FIGURA 1 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria sequência didática.



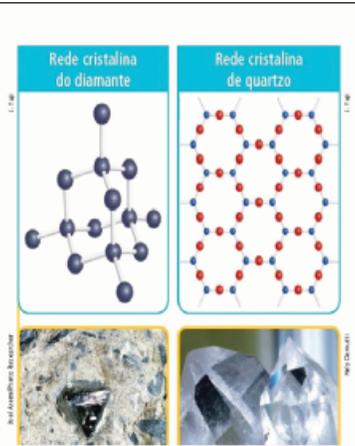
| Porcentagem (%) |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Categorias      | A     | B     | C     | D     |
| Evocação        | 11,76 | 7,14  | 9,88  | 12,28 |
| Definição       | 55,88 | 42,86 | 32,10 | 29,82 |
| Aplicação       | 26,47 | 21,43 | 44,44 | 35,09 |
| Descrição       | 2,94  | 7,14  | 11,11 | 14,04 |
| Interpretação   | 0,00  | 7,14  | 1,23  | 7,02  |
| Problematização | 2,94  | 14,29 | 1,23  | 1,75  |

Nos LD A e B, aproximadamente 56% e 43% dos recursos visuais são utilizados para a definição dos conceitos. A Figura 2a (livro A) apresenta um exemplo deste tipo de classificação, pois ilustra as forças de atração e repulsão entre elétrons e núcleos dos átomos que estão interagindo, conceito que está sendo desenvolvido no texto. Conforme aponta Martins (1997), muitas vezes, a própria conceitualização depende da visualização, o que acreditamos ser o caso dos conceitos relacionados às ligações químicas, por este motivo o grande número de imagens utilizadas pelos LD para gerar conceitos. Na Figura 2b (livro C) está representado um recurso visual utilizado para aplicar ou estender uma definição. Dentro do tópico ‘constituintes moleculares e amoleculares’, os autores utilizam a sequência texto – recurso visual com o propósito de exemplificar e reforçar o entendimento dos sólidos covalentes.

FIGURA 2 – Exemplos de imagens quanto à sequência didática.



**2a**



**2b**

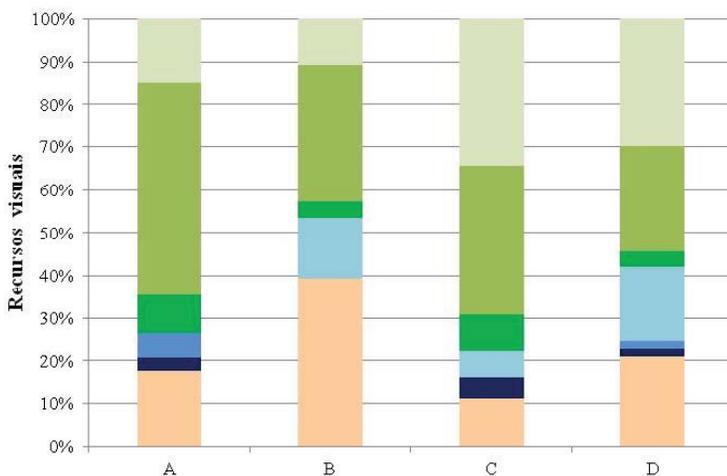
| Sólido            | Comportamento sob aquecimento                | Solubilidade em água | Solubilidade em acetona | Condutividade elétrica no estado sólido | Condutividade elétrica em solução aquosa |
|-------------------|--|----------------------|-------------------------|---|--|
| colite            | funde-se a 1.063 °C                          | insolúvel            | insolúvel               | bom condutor                            | insolúvel                                |
| clorato de sódio  | funde-se a 601 °C                            | solúvel              | insolúvel               | mau condutor                            | bom condutor                             |
| sacarose (açúcar) | funde-se entre 185 e 186 °C                  | solúvel              | insolúvel               | mau condutor                            | mau condutor                             |
| ruftalita         | funde-se a 93 °C                             | insolúvel            | solúvel                 | mau condutor                            | insolúvel                                |
| diamante          | converte-se em grafite a 3.500 °C e 12,5 GPa | insolúvel            | insolúvel               | mau condutor                            | insolúvel                                |

**2c**

Os LD utilizam poucas problematizações nos capítulos referentes às ligações químicas. Apenas no livro B há uma quantidade razoável (14%) de sequências problematizadoras, como por exemplo, a Figura 2c, que foi utilizada para instigar o leitor sobre as distintas propriedades de algumas substâncias e o tipo de ligação química, através do seguinte questionamento “Qual é a relação entre essa variedade de propriedades e as ligações químicas presentes nos materiais?” (MORTIMER; MACHADO, 2013, p.277). Acerca da importância de situações problematizadoras para a Ciência, Cachapuz et al. (2011) afirmam que é nos problemas que encontramos uma das principais fontes de motivação, que criam nos alunos um clima de desafio intelectual, um ambiente de aprendizagem do qual as aulas de Ciências são carentes.

Em específico para o conteúdo de ligações químicas, a categoria grau de iconicidade é uma das mais importantes. As imagens do tipo fotografia estão presentes em quantidades consideráveis nos quatro LD (Figura 3). Já os desenhos figurativos, que valorizam a imitação da realidade, são pouco utilizados e os desenhos esquemáticos com signos normalizados são bastante frequentes nos LD. Este último tipo de imagem exige a interpretação de vários códigos simbólicos, o que proporciona o desenvolvimento da capacidade de abstração, auxiliando na transição entre os níveis de representação da matéria.

FIGURA 3 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria grau de iconicidade.



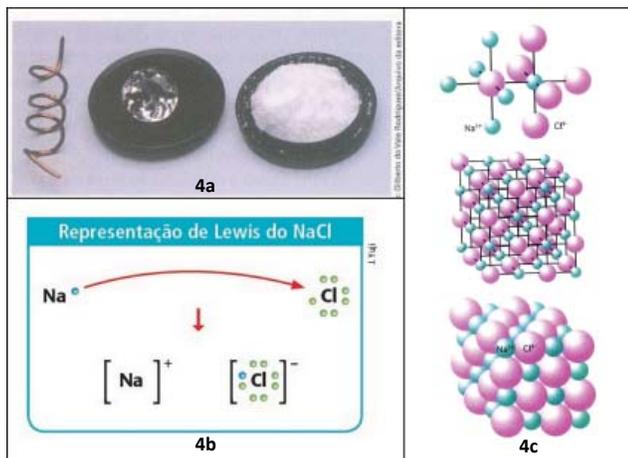
| Categorias                                  | Porcentagem (%) |       |       |       |
|---|-----------------|-------|-------|-------|
|   | A               | B     | C     | D     |
| Desenho esquemático com signos normalizados | 14,71           | 10,71 | 34,57 | 29,82 |
| Desenho esquemático com signos              | 50,00           | 32,14 | 34,57 | 24,56 |
| Desenho esquemático                         | 8,82            | 3,57  | 8,64  | 3,51  |
| Desenho figurativo com signos normalizados  | 0,00            | 14,29 | 6,17  | 17,54 |
| Desenho figurativo com signos               | 5,88            | 0,00  | 4,94  | 1,75  |
| Desenho figurativo                          | 2,94            | 0,00  | 4,94  | 1,75  |
| Fotografia                                  | 17,65           | 39,29 | 11,11 | 21,05 |

Apesar de a fotografia tornar a leitura mais atraente, este tipo de representação contempla apenas aspectos observáveis. A imagem não pode ser utilizada para mera ilustração, ela necessita de uma função didática que justifique seu emprego. Observamos pelo gráfico apresentado na Figura 3, que os autores procuram desenvolver os conceitos a partir de modelos explicativos do universo submicroscópico e de códigos simbólicos

e normas específicas das ligações químicas, visto a quantidade de recursos figurativos e esquemáticos.

Conforme Silva e Martins (2008) o poder comunicativo da linguagem visual está relacionado à iconicidade, ou seja, a capacidade de uma imagem (ícone) representar uma realidade ou ideia. Encontramos recursos visuais com propósitos semelhantes, por exemplo, representar o cloreto de sódio, e com diferentes graus de iconicidade, conforme a Figura 4.

FIGURA 4 – Representações visuais do cloreto de sódio com diferentes graus de iconicidade.

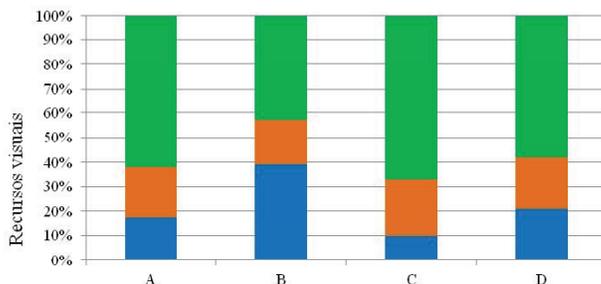


Através de uma fotografia, representação com maior grau de iconicidade, o livro B discute as elevadas temperaturas de fusão dos sólidos que, a exemplo do cloreto de sódio, mudam de estado físico rompendo interações muito fortes entre as partículas constituintes das substâncias. Com recursos mais abstratos e de menor iconicidade, os LD A e C representam o cloreto de sódio por meio de desenhos esquemáticos com signos normalizados: estrutura de Lewis (4b) e representação do retículo cristalino (4c).

A opção por determinada imagem deve estar de acordo com o que se almeja da representação. Os dois últimos exemplos exigem maior conhecimento do assunto, não sendo recomendados para introduzirem tópicos. Em contrapartida, como faz o livro C, a fotografia (Figura 4a) pode ser utilizada para iniciar a discussão sobre o assunto. Consonante a isto, a pesquisa de Matus, Benarroch e Nappa (2011) observou que a medida que o nível de estudo avança, as representações utilizadas pelos LD tendem a diminuir o caráter icônico.

Em relação à funcionalidade, os resultados obtidos são apresentados na Figura 5.

FIGURA 5 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria funcionalidade.

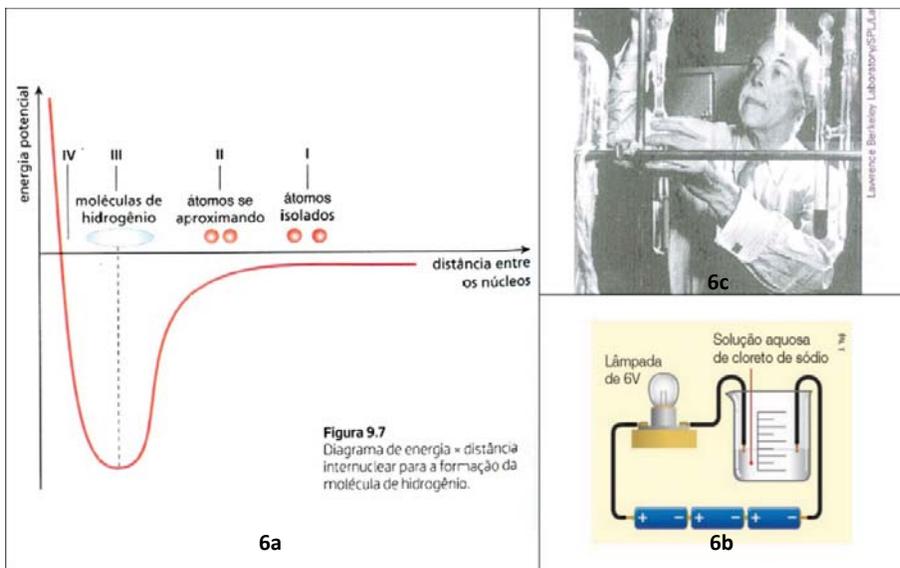


| Categorias             | Porcentagem (%) |       |       |       |
|------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|                        | A               | B     | C     | D     |
| Sintáticas             | 61,76           | 42,86 | 66,67 | 57,89 |
| Operativas elementares | 20,59           | 17,87 | 23,46 | 21,05 |
| Inoperante             | 17,65           | 39,29 | 9,88  | 21,05 |

Em muitos casos, a funcionalidade do recurso visual está associada ao grau de iconicidade, classificado anteriormente. Através da Figura 5, observamos que o LD B é o que apresenta maior quantidade de imagens do tipo inoperante, consequência do alto número de fotografias da obra (Figura 4). Neste tipo de recurso, cabe ao estudante apenas observá-la. A Figura 6c (Livro D) é classificada com inoperante e possui apenas função ilustrativa. Mesmo que não represente diretamente o conhecimento químico, a fotografia do cientista Gilbert Lewis em seu laboratório, no ano de 1937, é empregada para introduzir aspectos históricos da Química.

As imagens sintáticas empregam signos e representações específicas da Química, sendo muito utilizadas pelos LD. Um cuidado que se deve ter com este tipo de recurso é o grande número de informações que contém. Coutinho, Soares e Braga (2010) alertam que imagens “com carga cognitiva alta” são consideradas de difícil leitura pelos estudantes e podem dificultar a organização e o processamento de informações, prejudicando a aprendizagem. Desta forma, deve haver um cuidado com sua utilização, tanto pelos autores dos LD quanto pelos professores em sala de aula, para que sua apresentação ocorra de maneira clara e que sejam fornecidos subsídios necessários para sua interpretação. Um exemplo de representação sintática é apresentado na Figura 6a (livro B), a qual ilustra quatro situações que relacionam a distância entre os núcleos atômicos e a energia resultante. Esta representação possui valor didático para o ensino da ligação covalente, visto que aplica normas específicas e auxilia na elaboração de um modelo mental para formação de moléculas, o que muitas vezes, não é evidente para os estudantes através da linguagem textual.

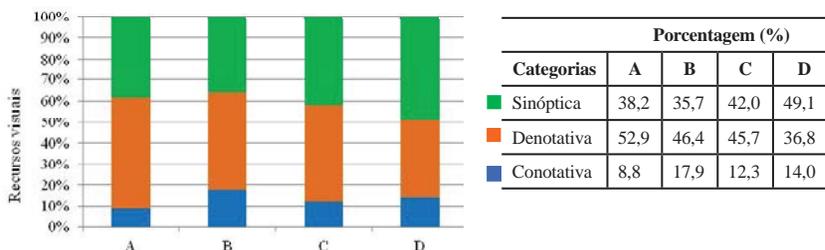
FIGURA 6 – Exemplos de recursos visuais quanto à funcionalidade.



A Figura 6b (Livro C) apresenta um exemplo da unidade operativa elementar. Através de elementos de representação universal, ela reproduz um aparato utilizado para testar a condutividade elétrica de substâncias iônicas, moleculares e metálicas.

Através da análise da categoria relação com o texto principal, detectamos que poucas ilustrações estão desconectadas do texto. No Livro A, representam menos de 10% e no restante dos LD menos de 20% das imagens (Figura 7).

FIGURA 7 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria texto principal.



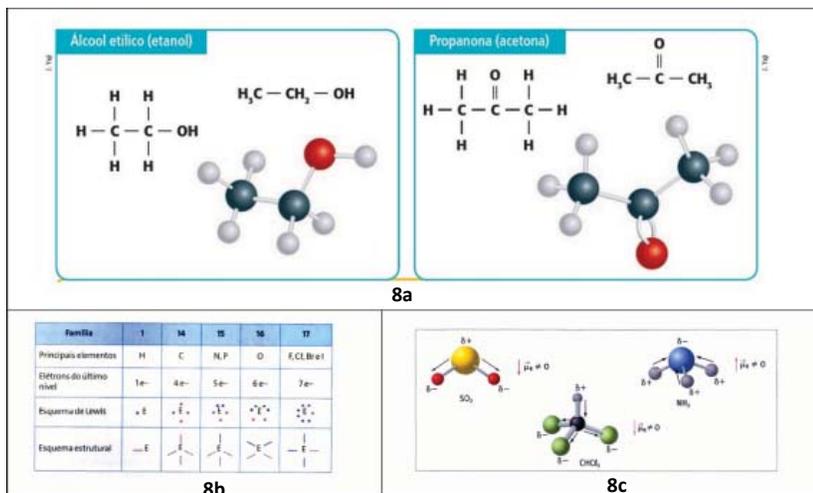
Um exemplo de representação conotativa é a Figura 8a (livro C), a qual apresenta as fórmulas estruturais do etanol e da propanona sem referência no texto. No LD, a

ilustração encontra-se dentro do item “Representação geométrica das moléculas” e antecedida do seguinte parágrafo:

Para facilitar a visualização espacial das moléculas, é comum utilizarmos modelos em que esferas – representando os átomos – são unidas por barras, que representam ligações químicas. (SANTOS; MOL, 2013, p.248)

Além de não ser mencionada pelo texto principal, a figura não apresenta uma identificação das cores das esferas empregadas para representar os átomos. Para os autores, estas relações são óbvias para os estudantes. Entretanto, é importante mencionar que muitos deles estão tendo o primeiro contato com este tipo de estrutura, e a falta de informações pode constituir um entrave para o entendimento da representação espacial das referidas moléculas. Corroborando com isto, Gibin, Kiill e Ferreira (2009) afirmam que as ilustrações não citadas pelo texto podem dificultar a compreensão, uma vez que cabe ao aluno correlacionar imagem e texto escrito.

FIGURA 8 – Exemplos de imagens da categoria relação com o texto principal.

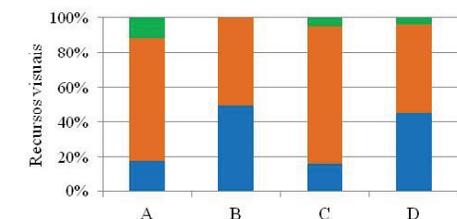


As Figuras 8b (livro A) e 8c (livro D) apresentam exemplos das unidades elementares denotativa e sinóptica. Na primeira, a autora retoma informações importantes de alguns elementos representativos e estabelece uma correspondência entre o texto e dados presentes na figura, como, por exemplo, a representação de Lewis. Na segunda, a combinação ‘texto + figura’ constitui uma unidade indivisível, sendo necessária a representação da soma vetorial dos momentos do dipolo das moléculas

para a interpretação das polaridades mencionadas no texto. As unidades elementares denotativa e sinóptica juntas somam de 80 a 90% dos recursos utilizados pelos LD na abordagem das ligações químicas.

De maneira geral, em relação às etiquetas verbais existe um predomínio de figuras nominativas (Figura 9). Os livros B e D são os que apresentam o maior número de recursos sem etiqueta, isto indica que as figuras são autossuficientes, não necessitando de palavras ou frases que complementem seu sentido. O livro A apresenta maior quantidade de representações do tipo relacionável.

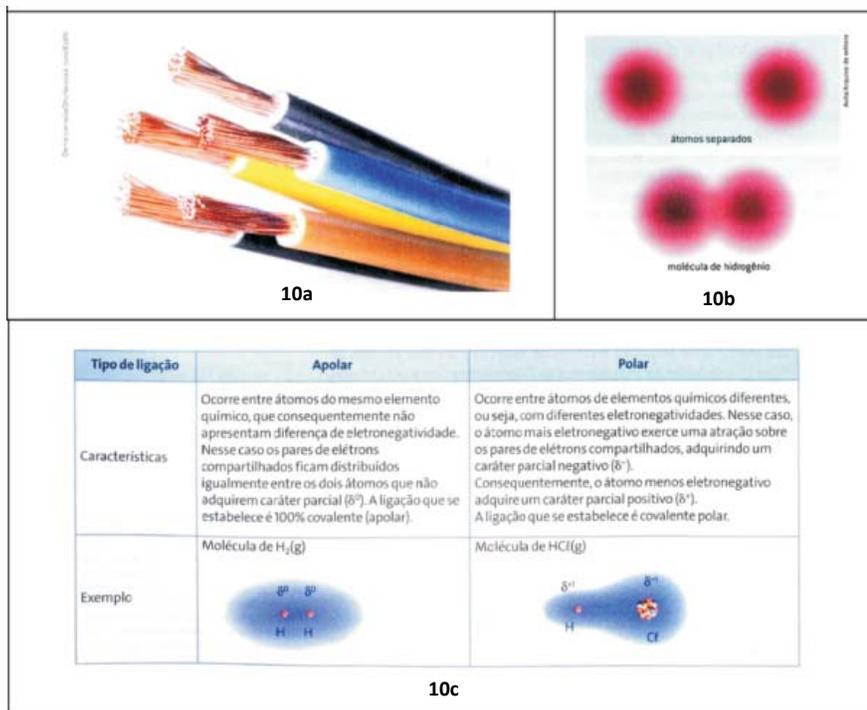
FIGURA 9 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria etiqueta verbal.



| Categorias   | Porcentagem (%) |       |       |       |
|--------------|-----------------|-------|-------|-------|
|              | A               | B     | C     | D     |
| Relacionável | 11,76           | 0,00  | 4,94  | 3,51  |
| Nominativa   | 70,59           | 50,00 | 79,01 | 50,88 |
| Sem etiqueta | 17,65           | 50,00 | 16,05 | 45,61 |

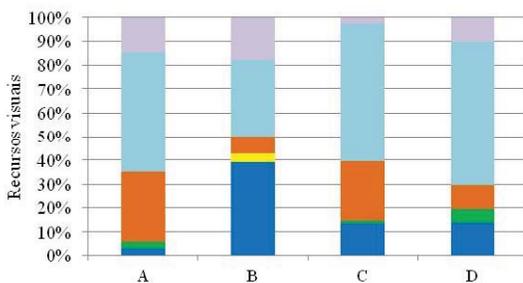
Um exemplo de imagem sem etiqueta pode ser observado na Figura 10a, em que estão representados fios de cobre utilizados para a condução da corrente elétrica. Na Figura 10b está ilustrado um recurso do tipo nominativo, no qual são utilizadas palavras que identificam duas situações relacionadas à formação da ligação covalente. A Figura 10c é considerada como relacionável, pois a autora utiliza textos para diferenciar a polaridade das ligações, que estão associados às moléculas de hidrogênio e ácido clorídrico representadas na ilustração.

FIGURA 10 – Exemplos de imagens da categoria etiquetas verbais.



O resultado obtido na análise das imagens em relação ao conteúdo científico que as sustentam é apresentado na Figura 11.

FIGURA 11 – Quantificação dos recursos visuais em relação à categoria conteúdo científico.



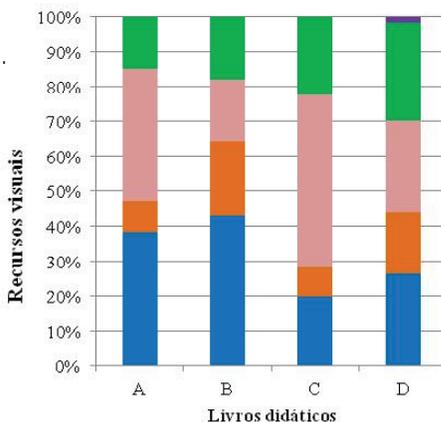
| Porcentagem (%)   |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| Categorias        | A     | B     | C     | D     |
| Ligação metálica  | 14,71 | 17,86 | 13,58 | 14,04 |
| Ligação Covalente | 50,0  | 32,14 | 58,02 | 59,65 |
| Ligação iônica    | 29,41 | 7,14  | 24,69 | 10,53 |
| Regra do octeto   | 2,94  | 0,00  | 1,23  | 5,26  |
| Estabilidade      | 0,00  | 3,57  | 0,00  | 0,00  |
| Ligação Química   | 2,94  | 39,29 | 13,58 | 14,04 |

A ligação covalente é bastante enfatizada pelos LD analisados. Uma das prováveis razões para este dado é a quantidade de conceitos que o tópico envolve, dos quais muitos são abstratos e demandam de recursos visuais para auxiliar em seu desenvolvimento. No que se refere ao número de ilustrações, a ligação metálica é pouco privilegiada e uma quantidade razoável de imagens é utilizada para abordagem das ligações iônicas.

Por meio desta categoria detectamos algumas diferenças, que revelam opções teóricas dos autores. Por exemplo, o LD B é o único que não apresenta recursos visuais relacionados com a teoria do octeto, os autores não mencionam esta regra durante o desenvolvimento das ligações químicas. As imagens deste livro foram categorizadas na unidade elementar estabilidade química, pois relacionam a formação das ligações químicas a aspectos energéticos. Ainda apresenta uma quantidade significativa de ilustrações na unidade elementar ligações químicas (39,29%), consequência da tentativa dos autores em diferenciar as propriedades das substâncias através da representação dos três tipos de ligações químicas em uma única imagem.

Considerando os níveis de representação da matéria, as imagens foram classificadas conforme a Figura 12. Pelos resultados obtidos percebemos diferenças entre os LD analisados.

FIGURA 12 – Quantificação dos recursos visuais em relação aos níveis de representação de matéria



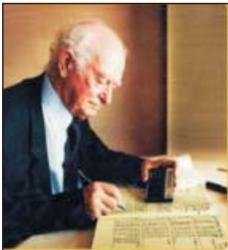
| Porcentagem (%)            |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Categorias                 | A     | B     | C     | D     |
| ■ Relaciona os três níveis | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 1,75  |
| ■ Relaciona dois níveis    | 14,71 | 17,86 | 22,22 | 28,07 |
| ■ Simbólico                | 38,24 | 17,86 | 49,38 | 26,32 |
| ■ Submicroscópica          | 8,82  | 21,43 | 8,64  | 17,54 |
| ■ Macroscópica             | 38,24 | 42,86 | 19,75 | 26,32 |

A maioria dos recursos visuais dos LD relaciona apenas um nível de representação da matéria. As imagens do nível macroscópico desempenham funções didáticas no ensino de ligações químicas, tais como: relação com a História, contextualização, exemplificação, entre outros. Entretanto, este tipo de recurso pouco auxilia no processo de abstração dos conceitos, tampouco no estabelecimento de relações entre os níveis de representação da matéria. A figura 13a (livro C), mostra uma foto de Linus Pauling e faz menção as suas contribuições para o estudo das ligações químicas e pelo desenvolvimento da escala de eletronegatividade.

As imagens que privilegiam aspectos inobserváveis da matéria foram classificadas na unidade submicroscópica. A Figura 13b é utilizada pelo livro D durante a introdução do tópico ligação covalente e ilustra a formação da molécula de hidrogênio em termos submicroscópicos. Observamos que representações deste tipo são pouco utilizadas por alguns LD, no entanto elas são necessárias quando a intenção é propiciar aos estudantes compreensões e explicações sobre o mundo que ultrapassem os conhecimentos provindos de observações macroscópicas. Conforme ressalta Sangiogo (2014), as imagens de partículas submicroscópicas exigem processos de apropriação e (re) elaboração de linguagens e pensamentos específicos às culturas da comunidade científica e escolar, mediante processos assimétricos de interação entre estudantes e professores. Neste sentido é importante que os LD sejam fonte deste tipo de representação, assegurando ao processo de ensino e aprendizagem ilustrações que proporcionem imaginar e discutir o nível submicroscópico em sala de aula.

O nível simbólico constitui a linguagem química, sendo responsável pela comunicação desta Ciência com o mundo. As ilustrações classificadas neste nível apresentam símbolos e códigos específicos da Química, como pode ser observado na Figura 13c (livro A), que emprega a configuração eletrônica e as diferentes fórmulas químicas do gás carbônico. Recursos visuais deste nível de representação são bastante utilizados pelos LD, o que é uma consequência de sua importância na linguagem química. Concordamos com Chassot (1990), que aprender Química é aprender a linguagem química. Para o autor, as três linguagens universais são a Química, a Matemática e a Música, pois qualquer equação química é igualmente interpretada por falante de qualquer idioma que conheça a Química.

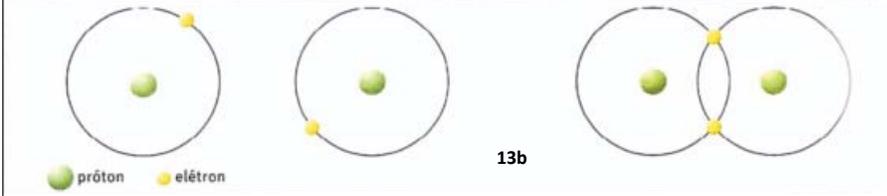
FIGURA 13 – Recursos visuais com diferentes níveis de representação.



**13a**

| Molécula de gás carbônico |  |                   |  |   |
|---------------------------|--|-------------------|--|---|
| Configuração eletrônica   | Para completar o octeto:                                   | Fórmula molecular | Fórmula eletrônica   | Fórmula estrutural  |
| C: $1s^2 2s^2 2p^2$       | precisa de mais 4 elétrons.<br>$\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$ | $\text{CO}_2$     | $:\ddot{\text{O}}:: + \cdot\dot{\text{C}}\cdot + :\ddot{\text{O}}:: \rightarrow$<br>$\rightarrow :\ddot{\text{O}}:: \text{C} :: \ddot{\text{O}}::$ | $\text{O} = \text{C} = \text{O}$<br>A seguinte representação também é usual.<br>$\text{O}:: \text{C} :: \text{O}::$ |
| O: $1s^2 2s^2 2p^4$       | precisa de mais 2 elétrons.<br>$\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$ |                   |  |   |

**13c**



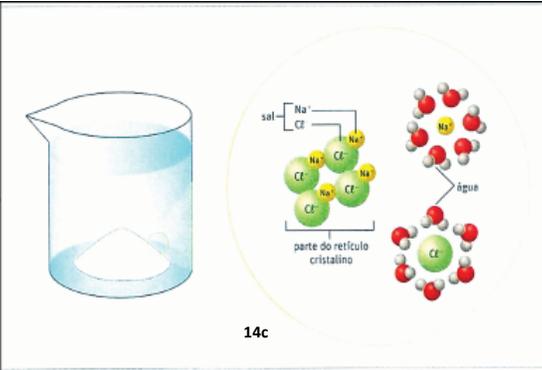
**13b**

As figuras que contemplam mais de um nível de representação são razoavelmente utilizadas pelos LD. O livro D é o que apresenta maior número de recursos (28%) que relacionam dois níveis e o único que contém uma ilustração com os três níveis. Segundo Gibin e Ferreira (2013) o uso de imagens que apresentam os diferentes níveis de representação pode auxiliar no estabelecimento de relações entre a teoria e a prática no processo de imaginar fenômenos químicos. As Figuras 14a e 14b, pertencentes ao livro C, são exemplos de recursos que relacionam os dois níveis. A figura 14c (livro D) foi a única encontrada, nos capítulos de ligações químicas analisados, que relaciona os três níveis de representação da matéria.

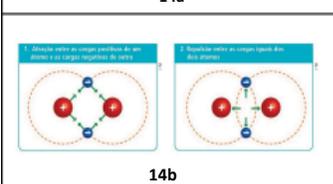
FIGURA 14 – Imagens que contemplam diferentes níveis de representação.



**14a**



**14c**



**14b**

As Figuras 14a e 14b relacionam dois níveis distintos. A primeira enfatiza a relação dos aspectos macroscópicos e submicroscópicos através do fenômeno do desaparecimento dos cristais de sal (NaCl) em água. A segunda correlaciona os níveis submicroscópico e simbólico durante a formação de íons. Estas duas representações possuem funções distintas para o entendimento das ligações químicas e dão significados aos conceitos, o que poderia ficar comprometido com a utilização apenas de um dos níveis. Conforme alerta Machado (2014), muitas vezes, os estudantes utilizam o nível simbólico de forma satisfatória e mecânica, entretanto quando o relacionam com os outros níveis (teórico e fenomenológico), podem se complicar nas explicações do nível atômico-molecular.

A Figura 14c faz referência ao processo de solvatação do sal de cozinha (NaCl) e emprega os três níveis de representação da matéria. Os aspectos observáveis ficam por conta da ilustração do copo com água e sal (depositado ao fundo do recipiente). O nível submicroscópico é ressaltado pela representação do retículo cristalino (correspondente ao sal em excesso) e dos íons livres (resultantes da solvatação) rodeados por moléculas de água. Além disso, são utilizados símbolos que permitem identificar as substâncias envolvidas no processo. Este tipo de representação deveria ser mais frequente nos LD de Química, em específico durante a abordagem das ligações químicas, já que perpassa os três níveis de representação da matéria. Consideramos que independentemente do nível de instrução do ensino, seja fundamental, médio ou superior, a relação entre estes níveis é fundamental para o estudo das ligações químicas, e sob nosso ponto de vista, as imagens dos LD constituem a principal fonte de acesso dos estudantes e professores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As representações visuais são amplamente empregadas pelos LD e constituem um recurso didático para o estudo de tópicos abstratos, como as ligações químicas. Neste trabalho, apresentamos uma possibilidade de análise, baseada na proposta de Perales e Jiménez (2002) e Johnstone (1993), que nos permitiu investigar a função destes recursos sob diferentes aspectos.

Em específico no capítulo de ligações químicas, identificamos poucas sequências texto-imagem problematizadoras. Em sua maioria, elas são utilizadas com o propósito de definir e aplicar conceitos. Em geral, os LD têm utilizado recursos visuais de baixo grau de iconicidade, que necessitam de elevada capacidade de abstração. Este dado mostra que os autores estão priorizando a utilização de códigos, símbolos e regras específicas na abordagem das ligações químicas. Também observamos a presença de fotografias em todos os livros, geralmente utilizadas para relacionar o tópico com o cotidiano, especificar um contexto histórico ou para exemplificação. Neste sentido, identificamos que mais da metade das imagens dos livros analisados apresenta uma função didática para o ensino de ligações químicas.

Apesar de um número reduzido, menos de 20% em todos os LD, ainda encontramos recursos visuais sem relação com o texto principal. É importante salientar

que as imagens auxiliam na compreensão do texto e devem estar conectadas com o mesmo, complementado seu sentido. Na categoria etiquetas verbais, percebemos que a maior parte necessita de palavras e/ou textos que identifiquem elementos representados ou expliquem seu significado. Dentre os tipos de interações, a ligação covalente é a mais privilegiada em relação à quantidade de imagens. Sobre as dimensões do conhecimento químico, encontramos poucos recursos que relacionam mais de um nível de representação da matéria, grande parte deles faz menção apenas ao nível macroscópico ou simbólico.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Básico. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. v.2. Brasília, 2006.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ D.; CARVALHO de, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). *A necessária renovação do ensino de Ciências*. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- CARNEIRO, M. H. S.; BARROS, M. M. V.; JOTTA, L. A. C. V. As imagens no ensino de Ciências: uma análise de esquemas. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, IV, 2003, Bauru. *Anais...* Bauru: UNESP, 2003.
- CHASSOT, A. I. *A Educação no ensino da Química*. Ijuí: Unijuí, 1990. 117p.
- 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, p.153-172.
- FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicas nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.12, n.2, 2012, p.153-172.
- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. *Química Nova na Escola*, n.24, 2006, p.20-24.
- 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, 2013, p.19-26.
- 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, 2009, p.711-721.
- 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, 1993, p.701-705.
- KIILL, K. B. *Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico*. 2009. 278p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

MAAR, J. H. *Pequena História da Química: dos primórdios a Lavoisier*. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. 3.ed. Ijuí: UNIJUÍ, 2014. 200p.

MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências*, I, 1997, Águas de Lindoia. *Anais...* Águas de Lindoia: ABRAPEC, 1997, p.366-373.

MATUS, L. L.; BENARROCH, A. B.; 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, 2011, p.178-201.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. *Química: ensino médio*. Volume 1. 2.ed. São Paulo: Scipione, 2013. 320p.

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, 2002, p.369-386.

RIO GRANDE DO SUL. *Referenciais Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul: Ciências da Natureza e suas tecnologias*. Secretaria de Estado da Educação. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <[http://www.educacao.rs.gov.br/dados/refer\\_curric\\_vol4.pdf](http://www.educacao.rs.gov.br/dados/refer_curric_vol4.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2015.

SANGIOGO, F. A. *A elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas em aulas de química da educação básica: aspectos pedagógicos e epistemológicos*. 2014. 291f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (Coords.). *Química cidadã: volume 1: ensino médio*. 2.ed. São Paulo: Editora AJS, 2013. 320p.

SCALCO, K. C.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Representações presentes nos livros didáticos: um estudo realizado para o conteúdo de ligação iônica a partir da semiótica peirceana. *Química Nova na Escola*, v.37, n.2, 2015, p.134-142.

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*, 1981, p.6-15.

SILVA, C. F.; MARTINS, M. I. A iconicidade em livros didáticos de Física. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, XI, 2008, Curitiba. *Anais...* São Paulo: SBF, 2008.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.13, n.2, 2013, p.159-182.