UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
***CAMPUS* ARAPIRACA**
CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

DANIELE COSTA DE BRITO

MULTIMODALIDADE EM LIVROS PARA O ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA: DIFERENTES MODOS DE REPRESENTAÇÕES EM TÓPICOS DE BIOQUÍMICA

ARAPIRACA
2019

Daniele Costa de Brito

Multimodalidade em livros para o ensino superior de Química: diferentes modos de representações em tópicos de Bioquímica

Trabalho De Conclusão De Curso (TCC) Apresentado No Curso De Química Licenciatura Da Universidade Federal De Alagoas – Ufal, *Campus* Arapiraca, Como Requisito Parcial À Obtenção Do Título De Licenciada Em Química.

Orientador: Profº Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior

Arapiraca
2019

DANIELE COSTA DE BRITO

MULTIMODALIDADE EM LIVROS PARA O ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA: DIFERENTES MODOS DE REPRESENTAÇÕES EM TÓPICOS DE BIOQUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado no curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus* Arapiraca, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Data da aprovação: 11/06/2019.

Banca examinadora:

Prof.º Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Orientador

Profª Drª. Sílvia Helena Cardoso
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Examinadora

Profª Drª. Tereza Cristina Cavalcanti Albuquerque
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Examinadora

Por falta de um cravo, perdeu-se a ferradura.
Por falta de uma ferradura, perdeu-se o cavalo.
Por falta de um cavalo, perdeu-se o cavaleiro.
Por falta de um cavaleiro, perdeu-se a batalha.
Por falta de uma batalha, perdeu-se o reino.
Tudo por causa de um prego para ferradura.
(Antigo poema infantil inglês)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

À minha mãe Antônia, ao meu pai Edvaldo e aos meus irmãos Ana Paula, Edmarcio e Edcarlos, por toda dedicação, incentivo e suporte a mim oferecidos, pois contribuiu diretamente para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida.

À minha avó Luzinete (*in memorian*), que sempre me apoiou e esteve feliz com minhas conquistas. Sei que a senhora estará feliz com mais essa.

Ao Prof. Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior, pela grande contribuição no desenvolvimento e conclusão desse trabalho, assim como pelos aportes essenciais à minha formação durante as disciplinas ministradas.

Aos professores do curso de Química Licenciatura do *campus* UFAL-Arapiraca pelos direcionamentos, oportunidades e excelente formação, as quais contribuíram e contribuirão significativamente para o meu crescimento intelectual, profissional e pessoal.

Aos grandes amigos que construí ao longo de minha formação, de modo especial Jerfeson, Luciara, Ítala, Maria Rafaela, Indiany, Gleizy, Bruna, Valeska, Mayra e Isac que foram peças essenciais para o meu crescimento acadêmico e pessoal (incluindo os momentos de descontração e tensão para o recebimento dos resultados das AB's) bem como a todos que tive o privilégio de compartilhar conhecimentos ao longo do curso. Agradeço também ao amigo Jardielson e ao Prof. Dr. Wander Gustavo Botero pelo apoio na Iniciação Científica e a todos os colegas que passaram pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Ciências Ambientais do Agreste (LCAA) onde tive acesso a uma inestimável gama de conhecimentos.

Ao MEC, à UFAL e ao programa PIBIC pelo fomento e auxílios fornecidos, os quais auxiliaram minha permanência na graduação, contribuindo também para o meu aprendizado.

À comissão examinadora por ter aceitado participar da banca e pelas contribuições para a redação final deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte e/ou contribuíram para a consolidação dessa conquista.

RESUMO

A presente monografia aborda a temática de representações multimodais e toma como objeto de estudo as imagens contidas nos livros de Química Geral (*corpus*). No ensino de química, bem como no de outras ciências naturais, o uso das imagens e modelos é importante para melhorar o entendimento de conceitos, de forma que, nos livros, sua presença garante a qualidade do material impresso tanto sob o aspecto didático como visual. O conceito de multimodalidade surge da Teoria da Semiótica, mais especificamente, da Semiótica Social. A Semiótica prioriza o estudo do texto, em outras palavras, trata de explicar "o que o texto diz e como ele faz para dizer o que diz". Nesse contexto, a metodologia de análise proposta neste trabalho foi estabelecida a partir das especificidades que caracterizam as discussões sobre os problemas e a renovação de práticas de ensino das Ciências, particularmente, o Ensino de Química, concentrando um estudo exploratório acerca das imagens presentes nos livros de química geral. Caracteriza-se como uma pesquisa de análise documental em relação aos seus objetivos. Quanto à forma de abordagem, utilizaremos dados quantitativos e qualitativos. O objetivo geral desta pesquisa foi analisar imagens sobre tópicos de Bioquímica presentes em livros de Química Geral. Para que este objetivo geral fosse alcançado, fez-se necessário: 1) identificar na seção/capítulo do conteúdo de Bioquímica todas as imagens veiculadas em quatro livros de química geral; e 2) analisar os significados das imagens da seção/capítulo do conteúdo de Bioquímica dos referidos livros, a partir dos significados representacional, interacional e composicional da Gramática do Design Visual (GDV). Elaborou-se, para a coleta de dados, um sistema de codificação para as imagens, com o intuito de facilitar a organização e análise dos dados, através do preenchimento de tabelas que esquematizavam os livros com um número para o livro e as representações (ex.: L1-R1, traduzido como "livro 1 – representação 1"); depois uma tabela por tipo de representação. Assim, os procedimentos metodológicos foram: 1) mapeamento do nosso *corpus*; e 2) análise das imagens seguindo os pressupostos teóricos elaborados por Kress e Van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual. Os resultados acenam que os livros de química geral valorizam o uso de imagens especialmente as imagens do tipo: "Fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular", em primeira instância e "Estruturas moleculares em 3D", em segunda. Nosso estudo apontou: - no total o *corpus* é formado por 87 imagens; - detectamos em sua maioria, com base na GDV, imagens representacionais, dando maior ênfase para os processos conceituais, sendo importante ressaltar que os processos narrativos, por sua natureza, deveriam ser os mais empregados na Educação em Ciências, mas não são, fato que pôde ser identificado nesse estudo. Também foram identificadas imagens com ambos os processos conceituais e narrativos, geralmente as imagens que possuem várias em uma só (ex.: Figura 1(a); 1(b); 1(c)). Quanto as imagens representacionais conceituais, a maioria são analíticas, seguida das simbólicas e classificatórias, respectivamente. A função interativa apresentou-se em uma pequena parcela de representações. E, a análise composicional foi empregada em algumas imagens com o intuito de realizar uma análise integrada entre as três funções. Na ausência de atividades experimentais, por exemplo, as imagens se tornam um recurso visual de evocação e problematização para elaboração dos conceitos científicos. Assim, é possível concluir que o processo de leitura da imagem e um pouco de conhecimento da linguagem imagética se faz necessário para preparar adequadamente os professores (em formação e formados) para compreenderem as imagens dentro do contexto de ensino, como um texto visual organizado com uma gramática, que necessita de uma leitura criteriosa. Fica evidente ainda, que a leitura multimodal é demandada como habilidade prévia para que o leitor possa extrair, de forma bem-sucedida, as informações contidas nesses textos.

Palavras-chave: Ensino de química. Multimodalidade. Livros de química geral.

ABSTRACT

The present monograph deals with the theme of multimodal representations and takes as object of study the images contained in the books of General Chemistry (*corpus*). In chemistry teaching, as well as in other natural sciences, the use of images and models is important to improve the understanding of concepts, so that in books, their presence guarantees the quality of the printed material both in the didactic aspect as visual. The concept of multimodality arises from the Theory of Semiotics, more specifically, from Social Semiotics. Semiotics prioritizes the study of the text, in other words, it tries to explain "what the text says and how it does to say what it says". In this context, the analysis methodology proposed in this work was established based on the specificities that characterize the discussions about the problems and the renewal of teaching practices of the Sciences, particularly the Teaching of Chemistry, concentrating an exploratory study about the images present in the books of general chemistry. It is characterized as a research of documentary analysis in relation to its objectives. Regarding the approach, we will use quantitative and qualitative data. The general objective of this research was: The general objective of this research was to analyze images on Biochemistry topics present in General Chemistry books. In order for this general objective to be achieved, it was necessary to: 1) identify in the section / chapter of the Biochemistry content all the images conveyed in four general chemistry books; and 2) to analyze the meanings of the section / chapter images of the Biochemistry content of those books, from the representational, interactive and compositional meanings of the Visual Design Grammar (GDV). A data coding system was developed for the data collection, with the purpose of facilitating the organization and analysis of data, by filling tables that outlined the books with a number for the book and the representations (ex .: L1-R1, translated as "book 1 - representation 1"); then one table per type of representation. Thus, the methodological procedures were: 1) mapping of our corpus; and 2) image analysis following the theoretical assumptions elaborated by Kress and Van Leeuwen (2006) in the Visual Design Grammar. The results suggest that general chemistry books value the use of images, especially images such as "Structural, condensed, rod or molecular chemical formula" in the first instance and "3D molecular structures (ball-rod, animations) ', on second. Our study pointed out: - in total, the corpus consists of 87 images; - we detected mostly, based on the Grammar of Visual Design, representational images, giving more emphasis to the conceptual processes, being important to emphasize that the narrative processes, by their nature, should be the most used in Science Education, but they are not , a fact that could be identified in this study. We also identified images with both conceptual and narrative processes, usually images that have several in one (ex: Figure 1 (a), 1 (b), 1 (c)). As for conceptual representational images, most are analytic, followed by symbolic and classificatory, respectively. The interactive function was presented in a small number of representations. And, the compositional analysis was used in some images with the intention of performing an integrated analysis between the three functions. In the absence of experimental activities, for example, the images become a visual resource of evocation and problematization to elaborate the scientific concepts. Thus, it is possible to conclude that the process of reading the image and a little knowledge of the imagery language is necessary to adequately prepare the teachers (in training and formation) to understand the images within the teaching context, as a visual text organized with a grammar that needs careful reading. It is also clear that multimodal reading is required as a prior skill so that the reader can successfully extract the information contained in these texts.

Keywords: Chemistry teaching. Multimodality. General chemistry books.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8

2 REFERENCIAL TEÓRICO 10

2.1 O caráter representacional do conhecimento químico 10

2.2 A multimodalidade 13

2.3 Bases epistemológicas da Gramática do Design Visual (GDV) 14

2.4 Princípios da Gramática do Design Visual (GDV) 15

2.4.1 Função Representacional 16

2.4.2 Função Interativa 18

2.4.3 Função Composicional 20

3 METODOLOGIA 22

3.1 *Corpus* da pesquisa 22

3.2 Procedimentos de análise 23

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 25

4.1 Categorização das imagens de acordo com o tipo de representação 25

4.2 Análise das imagens sob a perspectiva da Gramática de Design Visual (GDV) 27

4.2.1 Função Representacional 27

4.2.1.1 Representação Narrativa *29*

4.2.1.2 Representação Conceitual *36*

4.2.2 Função Interativa 51

4.2.3 Função Composicional 56

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 61

REFERÊNCIAS 66

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades da aprendizagem no ensino de química diz respeito à linguagem. Aprender química pressupõe conhecer e utilizar seus diferentes modos de representação, que incluem equações, símbolos, diagramas, tabelas, gráficos e outros. Assim, a química é, por natureza, uma ciência abstrata que requer de seu público uma capacidade mental/imaginária que se materializa em suas representações.

Tais habilidades foram expressas, por exemplo, em documentos oficiais que ressaltam a importância

> [...] da **representação e comunicação**, envolvendo a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios da Química e da Ciência, a transposição entre diferentes formas de representação, a busca de informações, a produção e análise crítica de diferentes tipos de textos; da **investigação e compreensão**, ou seja, o uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos associados a essa disciplina; e da **contextualização sociocultural**, ou seja, a inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas. (BRASIL, 2006, p.88, grifo do autor)

Considerando o domínio da representação e comunicação como fundamental para aprender química, compreendemos que o uso apenas de textos (escritos ou orais) para explicar ou definir determinados conteúdos químicos não é suficiente para a promoção de uma compreensão satisfatória, por parte dos espectadores.

Desse modo, no ensino de química, bem como no de outras ciências naturais, o uso das imagens e modelos é fundamental para impulsionar o entendimento de conceitos, de forma que, nos livros, sua presença garanta a qualidade do material impresso tanto sob o aspecto didático como visual. Assim, a literatura da área de ensino da Química converge para a relevância sobre as formas de representação do conhecimento químico, a saber; o nível macroscópico, o microscópico e o simbólico.

Sabe-se que a Química é uma ciência abstrata e para expressar conceitos apropria-se de inúmeras formas de representação, mediante os níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico (PAULETTI; ROSA; CATELLI, 2014). Sem embargo, considerando a química uma ciência abstrata, nos deparamos com a seguinte pergunta: A Química é uma ciência visual?

Com base principalmente em Vigotski (2001), assumimos que as representações de estruturas submicroscópicas são constituídas por meio do pensamento e compõe o pensamento, pelo uso de linguagens e simbologias específicas, de signos provenientes da

cultura científica, sem desconsiderar, no entanto, que tais construções são provenientes da relação com um objeto que se pretende conhecer. Nessa perspectiva, para expressar seus conceitos, a Química faz uso de inúmeras formas de representação, o que a torna uma ciência predominantemente visual (RAUPP, 2010).

Sabemos que os livros são os materiais de maior acesso e uso de professores para o trabalho em sala de aula. Não obstante, para os estudantes os livros também são ferramentas frequentemente utilizadas e neles estão presentes as representações, as quais podem vir ilustradas de diferentes formas acerca de um mesmo conceito/conteúdo. Tais representações podem funcionar tanto para um aspecto positivo quanto negativo. Assim como podem facilitar a assimilação do que está sendo abordado e consequentemente, ajudar na capacidade de abstração do público, podem gerar confusões ou equívocos por parte dos estudantes caso sejam dispostas ou elaboradas de forma inadequada.

Contudo, as imagens desempenham papel importante no ensino de ciências, uma vez que a própria conceitualização depende muitas vezes da visualização (SILVA, *et al* 2006). Além da função explicativa, devem ser ressaltadas as funções motivadora, informativa e até mesmo reforçadora de ideias que podem ser desempenhadas pela utilização de imagens em textos didáticos ou científicos (DIÉGUEZ, 1978). Nessa perspectiva, o presente trabalho se desencadeou em um contexto de análise de representações multimodais, especificamente no que se refere à Bioquímica em livros de química geral. Para a realização da análise foram selecionados quatro (4) livros de Química Geral, nos quais foram identificados os capítulos referentes à bioquímica e realizou-se um levantamento das imagens presentes nos capítulos. As imagens foram posteriormente separadas, codificadas e categorizadas. Após a categorização, foram analisadas seguindo os pressupostos teóricos elaborados por Kress e van Leeuwen[1] (2006) na Gramática de Design Visual.

Nesse sentido, considerando a importância das representações no âmbito da química, almeja-se, com este estudo, analisar imagens sobre tópicos de Bioquímica presente em livros de Química Geral.

[1] Teóricos que contribuem para a pesquisa da Semiótica Social, cuja ênfase está no estudo do processo de produção de signos (Cf. NATIVIDADE; PIMENTA, 2009, p.21).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos houve um aumento considerável no uso de figuras e ilustrações em abordagens de conteúdos e conceitos na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Para além da função instrucional, tais representações consistem em formas de expressão da linguagem que, por sua vez, é constitutiva do pensamento científico e intrínseco à natureza e ao ensino das ciências.

> Representações de entidades químicas como átomos, íons, moléculas, agregados de moléculas fazem parte de formas variadas de explicação de fatos e fenômenos, seja em contextos educativos em diversos níveis de ensino, seja em contextos de produção científica. Em explicações de fenômenos ou situações e em contextos diversificados, é perceptível o crescente uso de noções relativas a estruturas complexas da matéria como DNA, proteínas, membranas celulares, micelas, nanopartículas, enzimas, entre outras. (SANGIOGO; ZANON, 2012, p. 26)

A grande quantidade de imagens que hoje circula nas diferentes práticas sociais colocou a linguagem visual terminantemente em destaque. Os tradicionais textos escritos deram lugar a textos que apresentam duas ou mais modalidades em sua composição, o que provocou efeitos significativos nas características e formatos dos textos. Isso mostra a natureza dinâmica da comunicação na sociedade contemporânea, onde experimentamos diferentes modos de significar/representar o mundo.

Tendo em vista que a natureza do conhecimento químico é altamente abstrata, ele requer a representação e a comunicação através de imagens que são compostas por signos culturalmente construídos e mutáveis a partir do contexto de uso.

2.1 O caráter representacional do conhecimento químico

*"*Imaginação é mais importante que conhecimento*"*. Essas palavras de Albert Einstein ilustram muito bem nosso ponto de vista sobre a questão das representações no processo de ensino e aprendizagem em Química. Conhecimento só, não é suficiente em Química. O conhecimento de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações só fazem sentido se auxiliarem a compreensão daquilo que representam. Em outras palavras, são ferramentas para o desenvolvimento da imaginação e da capacidade de criar modelos explicativos por meio da representação de átomos, moléculas e transformações químicas.

A linguagem da química descreve através de modelos, fórmulas estruturais, equações, gráficos e imagens, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico

(ROQUE; SILVA, 2008). De acordo com Vigotsky (2001), toda linguagem desenvolve-se na mesma medida que as estruturas do pensamento evoluem do concreto para o abstrato e vice-versa.

Nesse contexto, surge a representação. O conceito de representação tem uma longa história, o que lhe confere uma multiplicidade de significados. Na filosofia ocidental, a ideia de representação está ligada à busca de formas apropriadas de tornar o 'real' presente, de aprendê-lo por meio de sistemas de significação. Nessa história, a representação tem-se apresentado em duas dimensões: a representação externa, por meio de sistema de signos como a pintura e a imagem, por exemplo; e a representação interna ou mental, a representação do 'real' na consciência.

Giordan e Vecchi (1996) chamam a atenção para a polissemia em torno do termo representação, pois identificaram que o termo vem sendo empregado com diferentes significados em função das escolas que o utilizam em Psicologia, Filologia, Linguística, Etnologia, Filosofia, Sociologia, Pedagogia ou Didática. Esses autores identificaram cerca de 28 qualificativos relativamente a esse termo, que incluem desde a ideia de pré-representações remanescentes até a de pré-requisitos e 27 sinônimos. Definições de que as representações eram entendidas como espécies de coisas existentes na cabeça dos alunos, de natureza estável, quaisquer que fossem as circunstâncias até um entendimento de que as representações passaram a ser consideradas, globalmente, como espécies de estruturas mentais postas em ação ante situações-problemas. Polissemia que levou Giordan e Vecchi (1996) a proporem a substituição do termo representação por concepções ou constructo, no sentido de ampliar sua possibilidade operativa.

Na rubrica filosófica, representação significa a operação pela qual a mente tem presente em si mesmo a imagem, a ideia ou o conceito que correspondem a um objeto que se encontra fora da consciência. Já na área da psicologia o termo é tido como imagem intencionalmente chamada à consciência e mais ou menos completa de um objeto qualquer ou de um fato antes percebido ou ainda o conteúdo consciente vivido como um todo coerente e que está orientado, involuntariamente de qualquer dado de realidade, para um determinado campo de objetos, acontecimentos ou situações (COSTA, 2008). Nas Ciências Cognitivas as representações mentais são, de certo modo, definidas como construções hipotéticas que são utilizadas pelos estudantes para explicar ou compreender um fenômeno, nas quais pode diferir muito em seu conteúdo, mas não em seu formato representacional ou no processo em que os estudantes constroem e manipulam.

Na Semiótica, encontram-se, também, definições muito variadas para o conceito de representação e, que no âmbito de sua significação se encontra entre a apresentação e imaginação. Pierce, em 1865, caracterizava a semiótica como a Teoria Geral das Representações falando simplesmente de signo ou representação. A representação é compreendida como um signo icônico: objetos apresentados funcionam ontologicamente e objetos representados funcionam semioticamente (SANTAELLA; NÖTH, 2005). Na Semiótica Pierciana, é o signo que desencadeia a representação, uma vez que ele é percebido como sendo, algo que, sob certo aspecto ou de algum modo, representa alguma coisa para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, no espírito dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomina-se interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de ideia ou fundamento (PEIRCE, 2005).

A representação é basicamente a imagem de algo ou alguém que a linguagem circunscreve com o fluxo das associações no espaço simbólico, pois uma representação fala tanto quanto mostra, comunica tanto quanto exprime. Lefebvre (1983) considera que a representação é uma presença na ausência. Signos, crenças, visões de mundo, que se representam é, na maioria das vezes, algo ausente, presentificado. E converge no modelo semiótico de Peirce (1931), que afirma que o signo é qualquer coisa que está no lugar de algo para alguém, sob determinados aspectos ou capacidades.

Duval (2009) considera que as representações podem ser mentais, internas ou computacionais e semióticas. Para o autor, as representações mentais cumprem a função de objetivação que consistem em um conjunto de imagens e concepções que um indivíduo pode ter sobre um objeto, uma situação ou aquilo que está associado ao objeto ou à situação. Tais representações estão associadas à interiorização das representações externas. As representações internas ou computacionais são aquelas que privilegiam o tratamento de uma informação, que por sua vez se caracteriza pela execução automática de uma determinada tarefa, a fim de produzir uma resposta adaptada à situação. Essas representações tratam, assim, da codificação de uma informação. O algoritmo da adição é um exemplo deste tipo de representação. Estas representações não são conscientes do sujeito. Trata-se de um registro mecânico que o sujeito executa sem pensar em todos os passos necessários para a sua resolução.

Para tanto, de acordo com Silva (2007, p. 49):

> Na visão pós-estruturalista, a representação é concebida unicamente em sua dimensão significante, isto é, como um sistema de signos, como pura marca material em que se considera que a representação se expressa por meio de uma pintura, de uma fotografia, de um diagrama, de uma equação, de uma fórmula, de um texto, de uma expressão oral. Portanto, nessa concepção, a representação não é nunca uma representação mental ou interna. A representação é, nessa concepção, sempre uma marca ou traço visível e exterior.

Mesmo com toda polissemia em torno do termo representação, no caso dos processos de construção e elaboração conceitual em Química, neste estudo, consideram-se apenas as representações externas ou semióticas. Mapas, desenhos, diagramas, gráficos, fotografias, sistemas, equações e mecanismos de reações são exemplos de representações externas ou semióticas.

2.2 A multimodalidade

Diante de todo esse contexto de representações e compreendendo o seu caráter polissêmico, mediante seus embasamentos epistemológicos, pudemos ver que a representação de determinado conteúdo/conceito/objeto, pode dar-se de várias formas, por vários caminhos, em função da visão de quem irá representar e do contexto em que se pretende representar. Por exemplo, um círculo, pode ser a representação de uma bola de futebol, na visão de uma criança; uma circunferência, na visão de um matemático; o planeta, na visão de um geógrafo; um "átomo de Dalton", na visão de um químico; e assim sucessivamente.

Ante a estas possibilidades, a multimodalidade é uma realidade nos textos que circulam em todos os meios. Segundo Kress e van Leeuwen (2006), a multimodalidade se refere a uma realidade presente nos textos que se produz, isto é, o discurso, ao se materializar, é constituído por vários modos semióticos, que causam implicações diversas. É importante salientar que "por modos designa-se o conjunto organizado de recursos para a produção de sentido, incluindo imagem, olhar, gesto, movimento, música, fala e efeitos sonoros" (DUARTE, 2008, p.34).

Dessa forma, a multimodalidade constitui-se como um aspecto intrínseco à linguagem, pois cada manifestação dela terá *multi* modos, ou seja, será multimodal. Por exemplo, na linguagem oral há gestos, expressões faciais, entonação de voz, entre outros modos envolvidos, que influenciam na comunicação e interpretação da mensagem. Segundo Jewitt e Kress (2003), não existe comunicação monomodal, que contém apenas um modo em sua realização discursiva. Os mesmos autores ainda acrescentam um aspecto fundamental dos

modos: cada modo é parcial em relação à totalidade do sentido – e fala ou escrita não são exceções, nós propomos. Essa parcialidade de todos os modos é um aspecto significante das abordagens multimodais. Até mesmo os textos que aparentam ter apenas um código, por exemplo, o da escrita, ainda assim carregam outros códigos em si, como suporte, cores, letra, entre outros.

Desse modo, no contexto da linguagem visual, surge um sistema de significação denominado por Krees e van Leeuwen (2006) como, a Gramática do Design Visual, definida como uma proposta teórico-metodológica para orientar a produção e a análise crítica de textos multimodais.

2.3 Bases epistemológicas da Gramática do Design Visual (GDV)

Segundo Halliday (2004), a linguagem deve ser vista dentro de seu contexto social, é um sistema de significados e de elementos semióticos que as pessoas utilizam para se comunicarem. Em An Introduction to Functional Grammar, o autor propõe um arcabouço teórico para estudar a linguagem pelo prisma funcional, entendendo a língua como um sistema funcional que proporciona aos falantes interagir por meio da troca de significados.

A gramática da língua, isto é, a **Gramática Sistêmico-Funcional** (GSF) é, portanto, representada por redes sistêmicas, resultantes das escolhas realizadas pelos falantes nas mais diversas situações comunicativas. Essas redes sistêmicas codificam diferentes espécies de significado e são associadas a três metafunções: **ideacional**, **interpessoal** e **textual**. É por meio da análise dessas três metafunções que podemos observar como o discurso se estrutura, visto que oferecem explicações sobre o uso da língua, partindo das necessidades dos falantes em um determinado contexto de interação.

> A metafunção ideacional diz respeito aos conteúdos e às experiências através do sistema de transitividade e das funções de cada elemento da léxico-gramática dentro da frase. A metafunção interpessoal está relacionada à capacidade da língua para estabelecer relações entre os participantes da interação por meio dos sistemas de modo e de modalidade. Por fim, a metafunção textual concerne à construção do texto como uma unidade semântica ordenada por meio dos processos de coesão e coerência e da estrutura temática. (HALLIDAY, 2004, p.29)

Por outro lado, ao passo que Halliday (2004) apresenta a “gramática linguística”, Krees e van Leeuwen (2006) apresentam a “gramática visual”. Assim, estabelecendo uma conexão entre esses dois sistemas gramaticais, dizemos que o sistema de estruturação visual elaborado por Krees e van Leeuwen (2006) na Gramática de Design Visual (GDV) parte das

premissas teóricas proposta por Halliday (2004), girando em torno das três metafunções, supracitadas. No entanto, na GDV, essas metafunções passam a serem chamadas de representacional, interativa e composicional, respectivamente na GDV, conforme demonstra o quadro 1, com base em Kress e van Leueewen, que tentam ilustrar a equivalência entre esses dois sistemas de significação.

Quadro 1 - Relação entre a teoria da Gramática Sistêmico-Funcional (GSF), proposta por HALLIDAY (2004); e a teoria da Gramática do Design Visual (GDV), proposta por Krees e van Leeuwen (2006).

GSF	**GDV**	
Ideacional (léxico-gramática)	**Representacional** (Intra-imagem)	Estruturas visuais que constroem visualmente a natureza dos eventos, objetos, participantes envolvidos e as circunstâncias em que ocorrem , estabelecem as relações construídas entre os elementos retratados.
Interpessoal (relações sociais)	**Interativa** (Inter-imagem)	Estruturas visuais responsáveis pela relação entre os participantes, estabelecem a natureza da relação entre quem vê e o que está sendo visto.
Textual (estruturação da mensagem)	**Composicional** (Intra-imagem e inter-modal)	Estruturas visuais responsáveis pelo formato do texto e pela disposição dos elementos, estabelecendo o valor hierárquico dos elementos na imagem e entre os diferentes modos de representação da informação (multimodalidade).

Fonte: A autora (2019)

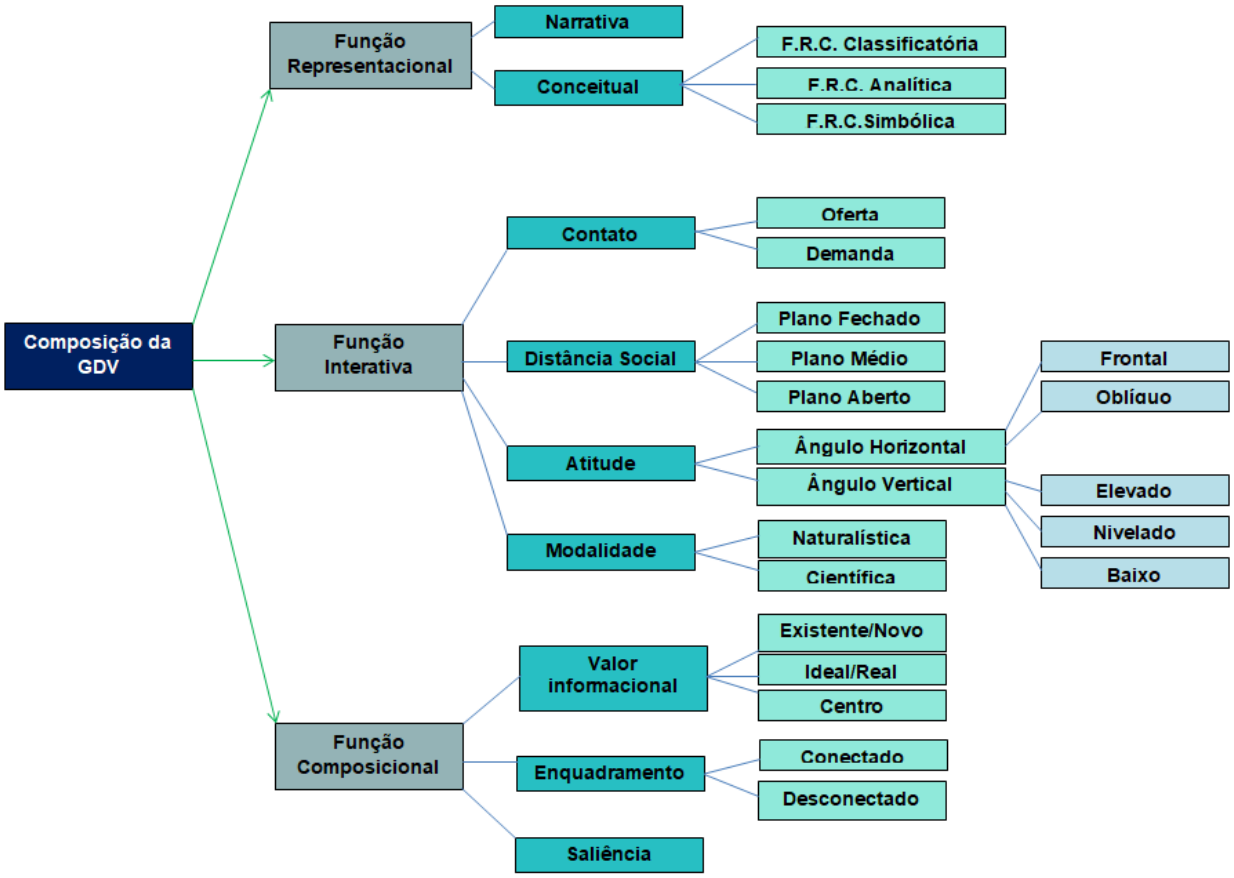
Assim, compreende-se a relação entre essas duas visões gramaticais. Para tanto, iremos nos deter apenas à Gramática do Design Visual (GDV). Contudo, no tópico que segue, veremos cada uma das funções da GDV e suas respectivas subcategorias, caracterizadas de modo mais detalhado.

2.4 Princípios da Gramática do Design Visual (GDV)

Em síntese, podemos agrupar todas as classificações atribuídas pela GDV às imagens, ou seja, a composição da GDV. A Gramática do Design Visual está definida como uma proposta teórico-metodológica para orientar a produção e análise crítica de textos multimodais. Para a GDV há três entes que interagem: o ente representado na imagem, o produtor da imagem e o leitor da imagem. A relação entre tais entes (denominados de participantes) são consideradas dentro de três funções principais, sendo elas: a **Função Representacional**, **Função Interativa** e **Função Composicional**.

Cada uma das três funções mencionadas no parágrafo anterior tem sua atribuição na análise multimodal, bem como um direcionamento analítico voltado para o tipo de representação que pretende ser analisado. Assim, as funções vão se destrinchando e se caracterizando de forma que passam a ter uma "identidade", conforme mostra o esquema 1:

Esquema 1 - Composição da Gramática do Design Visual (GDV), proposta por Krees e van Leeuwen (2006). Classificações/processos de cada função.



Fonte: A autora (2019)

Na GDV, o participante pode ser classificado como interativo ou representado. "Interativo é aquele que produz ou consome as mensagens expostas; e representado, aquele mostrado na composição visual" (KRESS; van LEUWEEN, 2006, p. 48).

2.4.1 Função Representacional

De acordo com UNSWORTH (2001, p. 72):

> A função representacional diz respeito à relação que ocorre somente entre os elementos/participantes representados na composição visual, é intra-imagem. Essa função compreende as estruturas que constroem visualmente a natureza dos eventos, participantes envolvidos, objetos e circunstâncias em que esses eventos ocorrem.

Quando os participantes representados são conectados por um vetor, eles são mostrados "fazendo algo um para o outro" (KRESS; van LEUWEEN, 2006 p. 59), é um **processo narrativo**. Os processos narrativos representam os participantes em movimento e são assinalados pela presença de um **vetor**, um traço imaginário que dá a ideia de ação/movimento. Esse processo inclui tanto um **Ator** quanto uma **Meta**, quando ambos são representados na composição visual, trata-se de uma estrutura transacional, retratando uma ação que ocorre entre duas partes. Se a composição mostrar somente o Ator, essa imagem é considerada uma estrutura caraterizada no processo não-transacional.

Um segundo tipo de vetor é constituído pela direção do olhar do participante representado, nesse caso, há um processo narrativo transacional relacional cujo participante é denominado **reator** e possui necessariamente traços humanos. Quando existe a possibilidade de identificar a direção do olhar reator, retratando também o outro participante representado na composição, denominado **Fenômeno**, é um processo narrativo relacional transacional, em caso de ausência do Fenômeno, é não-transacional.

Outra classe de vetor pode ser identificada nos balões que representam falas ou pensamentos em charges ou histórias em quadrinho, por exemplo. São processos verbais e mentais, os quais trazem participantes animados, "denominados Dizente, nos processos verbais; e Experienciador, nos processos mentais. O conteúdo falado é chamado de Enunciado e o pensado Fenômeno" (Idem, p. 68).

"Há composições visuais que não expressam ações, representando os participantes de modo estático em termos de classe, estrutura e significado" (Idem, p. 79). São os **processos conceituais**, caracterizados principalmente pela ausência de vetor, visto que procuram representar na imagem a essência da informação. Podem ser classificados como processos conceituais: classificatórios, analíticos e simbólicos.

"Os processos conceituais classificatórios" categorizam os participantes, organizando-os em termos de tipos de relação ou taxonomia. "Os processos conceituais analíticos" (UNSWORTH, 2001, p. 78) enfatizam o "Portador" – participante representado – e seus "Atributos*"* – as partes que o compõem (KRESS; van LEUWEEN, 2006, p. 87). Há composições visuais destacam somente alguma(s) parte(s) do portador, nesse caso, ocorre um processo conceitual analítico inclusivo; outras imagens apresentam todas as partes do portador de forma detalhada, nesse caso temos um processo conceitual analítico exaustivo. Também é possível que as representações apresentem rótulos ou descrições sobre o portador e seus atributos, caracterizando um processo conceitual analítico estruturado; ou não especificar a

relação entre a(s) parte(s) (atributos) e o todo (portador), conferindo neste caso, um processo desestruturado. Por fim, os "processos conceituais simbólicos" dizem respeito ao que o participante representado significa (Idem, p. 105). Essas composições apresentam uma atmosfera manipulada (cores, tamanho, silhueta, iluminação, dentre outros), que põe em destaque o portador ou algum de seus atributos. Há ainda, nesse processo, uma distinção entre processo simbólico atributivo e processo simbólico sugestivo. No primeiro, é ressaltado algum atributo do portador, destacado pela sua localização na imagem, tamanho, incidência de luz e foco, por exemplo. Já no segundo, o portador, como um todo, apresenta-se como elemento principal, não há um detalhamento e a atribuição de significado ocorre por meio da manipulação da constituição visual da imagem.

2.4.2 Função Interativa

Diferentemente da função representacional, em que a relação é estabelecida entre os elementos/participantes representados, na função interativa, a relação é estabelecida entre o participante representado e o participante interativo – ser real no mundo –, que consome a mensagem.

No entanto, Dias (2011) ressalta que essa interação entre produtor e observador é representada e imaginária. A autora aponta que, nem sempre aquilo que o produtor espera que seja visto e interpretado numa imagem coincidirá com o que o observador vê. Assim, há "uma disjunção entre o contexto de produção e o contexto de recepção, pois o produtor não está fisicamente presente e o observador está sozinho com a imagem, não podendo, então, estabelecerem uma troca mútua" (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006, p. 114 *apud* DIAS, 2011, p.26).

Nessa função, os elementos visuais estabelecem a natureza da relação entre esses participantes em termos de contato, distância social, atitude e modalidade. (KRESS; VAN LEEUWEN, 2006)

O **Contato** pode ser classificado como demanda ou oferta. "Na demanda, o participante representado exige atenção do participante interativo por meio do olhar" (UNSWORTH, 2001, p. 90), os participantes devem ser necessariamente humanos ou animais. "Na oferta, não há essa relação, o participante representado é mostrado ao participante interativo como um item de contemplação" (Idem, p. 95).

A **Distância Social** determina o grau de distanciamento social entre os participantes da interação. Albuquerque (2018) com base em Kress e van Leeuwen (2006), apresenta uma

sistematização para determinar a relação social entre os participantes. Segundo a autora (2018, p. 70): “há três tipos de planos da imagem, do mais focado ao mais ampliado, o que sugere, desde a proximidade até o distanciamento do participante representado, com o participante interativo”. Dessa maneira, o participante interativo pode ver o participante representado de três planos distintos: plano fechado, plano médio e plano aberto.

Tendo como base a discussão proposta por Kress e van Leeuwen (2006), Lovato (2010, p. 126, grifo do autor) estabeleceu alguns critérios:

> Classificamos a distância entre *participante interativo* e *participante representado* como *plano fechado*, quando o foco recai sobre o *participante representado* ou uma parte dele com baixa contextualização; *plano médio*, quando podemos vislumbrar todo *participante representado* com contextualização média, a qual permite fazer inferências sobre o contexto; e, por fim, *plano aberto*, quando capturamos não só o *participante representado* como também os elementos que o rodeiam, há uma alta contextualização.

No que concerne a **Atitude**, esta indica a existência de dois tipos de ângulos de representação do objeto representado: o ângulo horizontal e ângulo vertical.

O “ângulo horizontal”, diz respeito ao grau de engajamento entre os participantes representado e interativo e está relacionado ao ângulo em que o participante representado aparece para o participante interativo. “Se subdivide em ângulo horizontal frontal em que sugere um grande envolvimento entre os participantes representado e interativo, indicando que o participante interativo faz parte do mundo do participante representado” (HARRISON, 2003, p. 53); e ângulo horizontal oblíquo que indica falta de engajamento, sugerindo que o participante representado não faz parte do mundo do participante interativo.

O ângulo vertical refere-se à relação de poder instituída entre os participantes e se subdivide em três tipos: ângulo vertical elevado ou alto, ângulo vertical nivelado e ângulo vertical baixo. No ângulo vertical alto o participante representado emite poder sobre o participante interativo, neste caso, a imagem é capturada de baixo para cima. Contudo, se o participante representado tiver sua imagem retratada de cima para baixo, ângulo vertical baixo, o participante interativo é descrito como tendo mais poder que o participante representado. Por fim, quando os participantes representado e interativo estão no mesmo nível ocular, isto é, na mesma altura, a relação de poder é igualitária. (LOVATO, 2010).

A última subcategoria, denominada **Modalidade**, diz respeito aos conceitos. Quanto à imagem será realista e a partir da perspectiva empregada, da saturação das cores e da nitidez. Ela então será **Naturalística** se houver grande congruência entre a representação e a imagem vista a olho nu. A fotografia é o melhor exemplo, visto que quanto maior a

equivalência entre a cena mostrada e o real, mais alta será sua modalidade. Nesse tipo de composição imagética, há uma orientação naturalista. Diferentemente, há imagens que provocam impactos sensoriais que vão além da realidade, provocando emoções subjetivas no espectador, nesse caso, temos uma modalidade **Científica**, em que se modifica (simplificando detalhes) o que seria a imagem real para que um elemento possa ser estudado em maiores detalhes. Isso acontece, com grande frequência, em ilustrações de livros didáticos.

A partir dessas questões, Kress e van Leeuwen (2006) especificam alguns meios sociais em que as imagens são avaliadas, a saber:

> a) Tecnológico – representação visual por meio de esquemas, podendo servir de modelo ou guia de ações, sob baixa modalidade.
> b) Sensorial – representação visual orientada para provocar emoções impactantes no observador, seja prazer ou desprazer, com abuso da saturação de cores, que vai além da realidade.
> c) Abstrato – representação mais voltada para a arte, que busca despertar no leitor a essência profunda daquilo que ela retrata;
> d) Naturalístico – representação mais próxima do que se convenciona como realidade, estando mais próxima de uma fotografia. (DIAS, 2011, p.30).

Destacamos que uma mesma imagem pode conter vários marcadores, sejam tecnológicos, sensoriais, abstratos ou naturalísticos.

2.4.3 Função Composicional

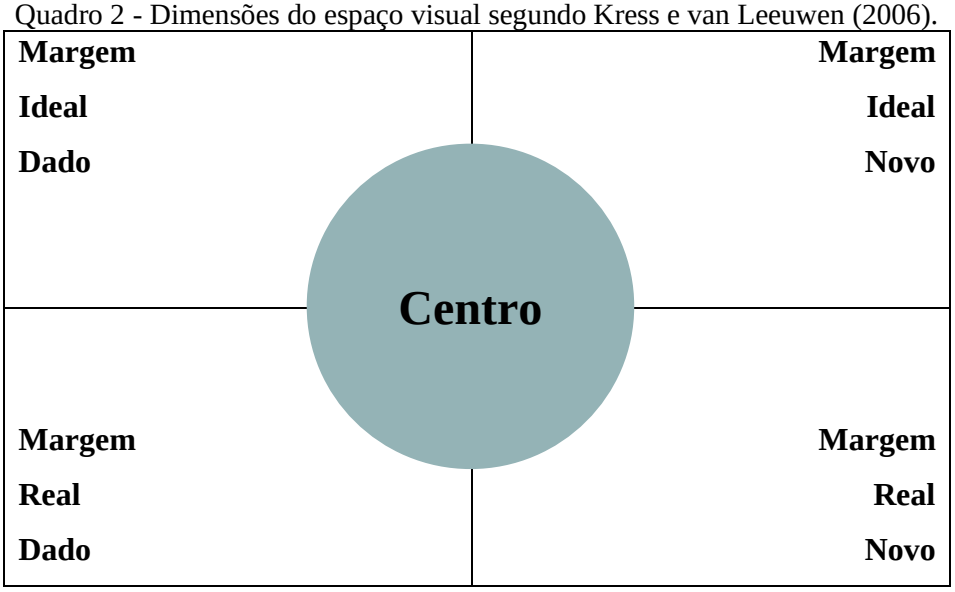
A função composicional agrega as funções representacional e interativa, a fim de gerar uma composição harmônica. Essa função dispõe de três subcategorias: **valor informacional**, **enquadramento ou moldura** e **saliência**.

"Os significados composicionais irão depender da posição dos participantes dentro da imagem" (ALBUQUERQUE, 2018, p. 72) associados às escolhas feitas pelo produtor para compor um texto. Lovato (2010, p. 120) com base em Kress e van Leeuwen (2006), descreve a subcategoria valor da informação:

> O *valor da informação* diz respeito à disposição dos elementos na composição, pode ser descrita em termos de lados *esquerdo* e *direito*. O lado *esquerdo* da composição representa a informação dada (Em inglês, *given*) e o *direito*, a informação nova (Em inglês, *new*). Há também uma distinção entre informação *Real* – no topo da imagem -, trazendo a *promessa* ou *o que pode ser*, e informação *Ideal* – na parte inferior da imagem -, trazendo o *produto* e *o que é*. Por fim, a disposição dos elementos a partir da perspectiva de *Centro* e *Margem* está relacionada tanto ao predomínio e ao destaque de algumas informações quanto à omissão de outras. No *Centro*, está o núcleo da informação e, nas *Margens*, os elementos que são subservientes.

Contudo, Kress e van Leeuwen (2006) ponderam que margens posicionadas simetricamente, apresentam uma configuração que não permite a distinção entre Dado e Novo, Ideal e Real. Nesses casos, os valores de informação Novo-Dado e Ideal-Real podem ser combinados com Centro-Margem, sendo esse último o mediador dessa relação. Assim, as referidas dimensões do espaço visual podem ser observadas na Quadro 2.

Quadro 2 - Dimensões do espaço visual segundo Kress e van Leeuwen (2006).



Fonte: A autora (2019)

O **Enquadramento** ou **moldura** ou ainda **framing**, poderá ser empregado para separar as identidades dos elementos e assim ser enquadramento do tipo desconectado ou para destacar a conexão entre os elementos e assim ser enquadramento do tipo conectado. Segundo Dias (2011), as molduras podem ser linhas divisórias, espaços coloridos ou não, ou seja, qualquer marcação que delimite os espaços internos ou as margens de uma imagem. A autora ainda destaca que "a conexão entre os elementos pode também ser realizada por vetores que ligam olhares, por cores ou formas que se repetem em uma composição" (DIAS, 2011, p.33).

E a **Saliência** que está relacionada ao valor hierárquico que os elementos possuem na composição, chamando a atenção do espectador a partir do tamanho e do foco, posicionamento em primeiro plano, por exemplo. A saliência determina o participante representado mais importante.

Deste modo, reconhecemos que a imagem não é neutra, o produtor da imagem possui um objetivo e através da composição da imagem poderá demonstrá-lo. Ao passo que, o leitor, que reconhece esses "códigos" composicionais, também poderá interpretar estes significados e compreender o objetivo.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa de análise documental.

Quanto à forma de abordagem, trata-se de uma investigação qualitativa acerca das imagens presentes nos livros de química geral, levando-se em consideração os pressupostos teórico-metodológicos dos significados da Gramática do Design Visual (GDV). A apresentação dos resultados se deu combinando os aspectos quantitativos (valores absolutos e estatística descritiva) e qualitativos. Flick (2009, p.43) defende que:

> [...] um estudo poderá incluir abordagens qualitativas e quantitativas em diferentes fases do processo de pesquisa sem concentrar-se necessariamente na redução de uma delas a uma categoria inferior ou em definir a outra como sendo a verdadeira abordagem da pesquisa.

Espera-se que, a partir da análise das representações, seja possível propor direcionamentos para ler, selecionar ou produzir/compor (para os mais ousados) e utilizar fotografias no processo de ensino e aprendizagem de química.

3.1 *Corpus* da pesquisa

O *corpus* de análise do presente estudo é constituído pelas imagens (87) presentes em quatro livros de Química Geral, na abordagem dos conteúdos de Bioquímica (Quadro 3), presente nos capítulos e/ou sessões.

Quadro 3 - Lista de livros de Química Geral, analisados, suas informações e códigos de identificação.

Código	Livro	Autor(es)	Editora	Edição/Ano
L1	Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.	Peter ATKINS Loretta JONES	Bookman	3ed./2006
L2	Química: a ciência central	Theodore L. BROWN H. Eugene LeMAY Bruce E. BURSTEN	Prentice Hall	9ed./2005
L3	Química	Raymond CHANG Kenneth A. GOLDSBY	AMGH	11ed./2013
L4	Química Geral e reações químicas	John C. KOTZ Paul M. TREICHEL Gabriela C. WEAVER	Cengage Learning	6ed./2014

Fonte: A autora (2019)

A seguir, apresentamos as ferramentas de análise utilizadas neste estudo para avaliar as representações visuais, do tipo fotografias; diagramas; gráficos; sistemas; estruturas

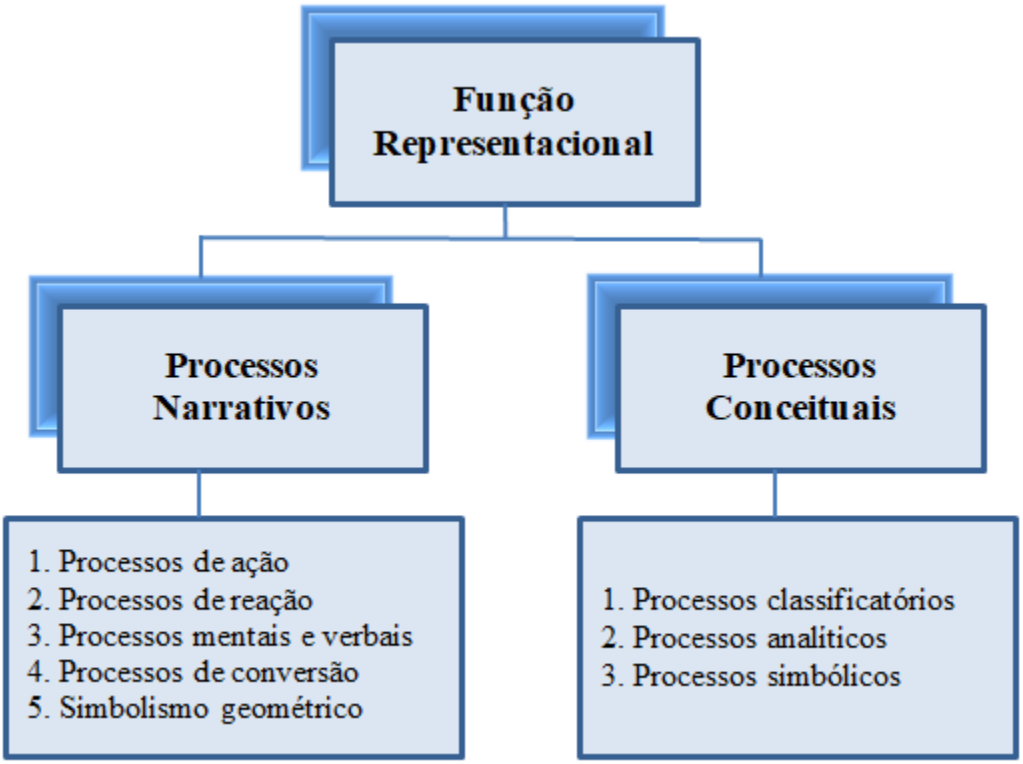
moleculares em 3D; e fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular, dos Livros de Química Geral na abordagem dos conteúdos de bioquímica.

3.2 Procedimentos de análise

Para a análise das imagens, utilizamos as ferramentas descritivas propostas por Kress e van Leeuwen (2006), conforme já apresentado e definidos no referencial teórico desta pesquisa.

Seguindo os pressupostos teóricos elaborados pelos autores mencionados acima, elaboramos uma síntese das categorias/processos utilizadas, referentes aos significados representacionais da Gramática do Design Visual, pode ser observada no esquema 2.

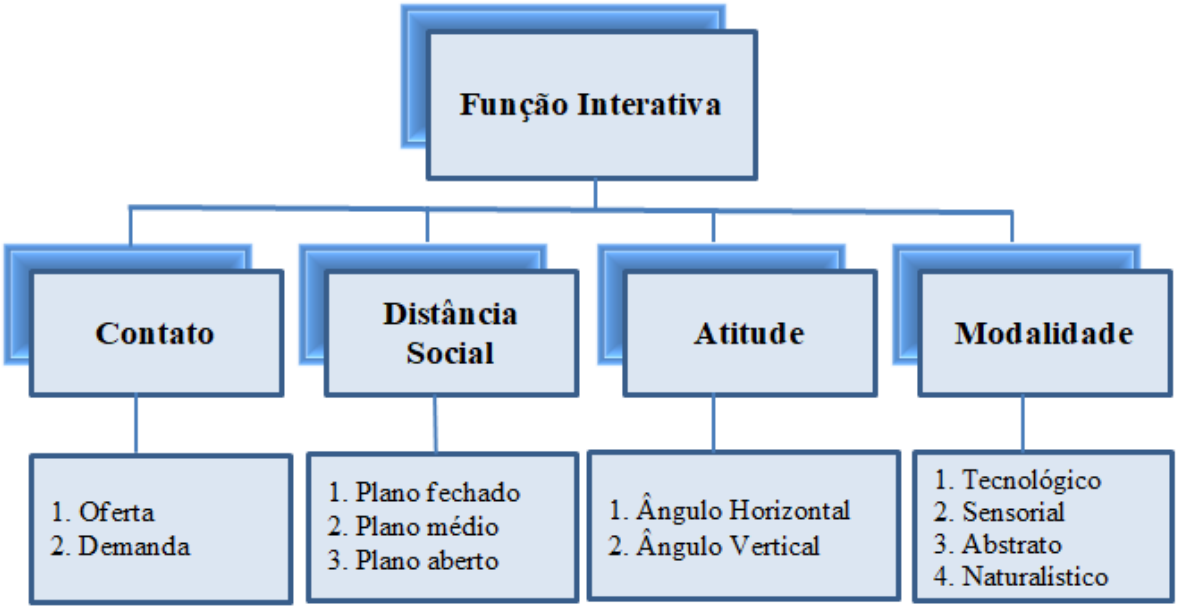
Esquema 2 - Síntese dos significados representacionais da Gramática do Design Visual (GDV).



Fonte: A autora (2019)

No esquema 3, foram esquematizadas as categorias/processos relacionadas aos significados interacionais da Gramática do Design Visual para uma melhor visualização.

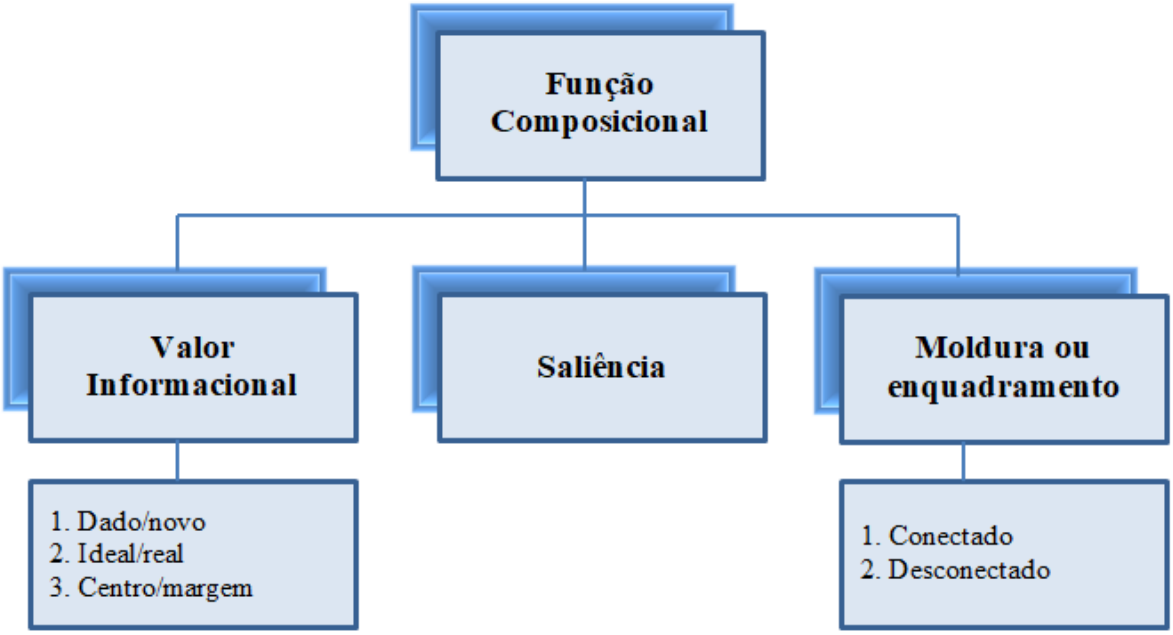
Esquema 3 - Síntese dos significados interacionais da Gramática do Design Visual (GDV).



Fonte: A autora (2019)

Por fim, apresentamos um esquema (Esquema 4) com as categorias pertencentes aos significados composicionais da Gramática do Design Visual.

Esquema 4 - Síntese dos significados composicionais da Gramática do Design Visual (GDV).



Fonte: A autora (2019)

Realizadas estas etapas, tentamos evidenciar quais significados são representados nos livros de química geral no ensino de Bioquímica que integram nosso *corpus* de pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a leitura inicial dos textos, foram identificadas 87 imagens presentes nos capítulos referentes à bioquímica em quatro livros de química geral. A distribuição das 87 imagens presentes nos quatro livros deu-se a seguinte forma: 19 imagens (21,83%) procedentes do livro L1, 17 (19,54%) do L2, 19 (21,83%) do L3 e 32 (36,78%) do L4. Após essa primeira triagem, procede-se à categorização e análise, apresentados a seguir.

4.1 Categorização das imagens de acordo com o tipo de representação

As imagens foram categorizadas por tipo de representação (fotografias; diagramas; gráficos; sistemas; estruturas moleculares em 3D; e fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular) em cada um dos quatro livros analisados.

No livro L1 (p. 805 a 811) foram identificadas 19 imagens. Já o livro L2 (p. 943 a 955) apresentou a menor concentração imagética com 17 imagens, todas (tanto do livro L1 quanto do L2) categorizadas conforme ilustra a tabela I. Análogo ao número de imagens retiradas do livro L1, do livro L3 (p. 1067 a 1082) também foram retiradas 19 imagens, para tanto, neste, a concentração imagética variou um pouco mais, com mais categorias apresentadas. E no livro L4 (p. 461 a 477) identificamos a maior concentração imagética, perfazendo um total de 32 imagens (tabela 1).

Tabela 1 - Categorias das imagens por livro

Quantidade de imagens por categoria em cada livro				
Livro / Categoria	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**
Fotografia	6	1	2	4
Estrutura molecular em 3D	7	6	7	11
Fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular	6	10	8	14
Gráfico	—	—	1	1
Diagrama	—	—	1	1
Sistema	—	—	—	1

Fonte: A autora (2019)

Consonante a isto, quanto à distribuição das imagens, vale sintetizar que de três (3) livros: um (1) continha dezessete (17) imagens e dois (2), dezenove (19) imagens. Entretanto,

um (1) livro se destacou por ter maior concentração imagética, em relação aos outros, perfazendo um total de trinta e duas (32) imagens, como apresentado no início do tópico em termos de porcentagem. Infere-se a partir disso, a frequente e importante utilização de imagens para explicar, exemplificar, definir e, por vezes, sintetizar diferentes conceitos.

Diaz e Pandiella (2007, p. 426) afirmam que:

> Mesmo que muitas vezes as ilustrações pareçam simplesmente "enfeitar" o conteúdo abordado em textos expositivo-explicativos, elas são utilizadas quase sempre com o objetivo de explanar aquilo que, com palavras, resultaria numa explicação extensa e pouco clara.

Além do caráter estético, portanto, as ilustrações possuem inegável potencial pedagógico e gerador de conceitos, o que torna imprescindível o cuidado com sua elaboração e apresentação. Nesse sentido, a quantidade de ilustrações não assegura a compreensão, dado que algumas inadequações conceituais presentes nas mesmas podem comprometer o seu papel representacional.

Contudo, nos livros L2, L3 e L4 o maior número de imagens correspondeu ao tipo de representação "Fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular", em relação aos demais tipos. Já no livro L1, a categoria "Estruturas moleculares em 3D (bola-vareta, fita, animações)" destacou-se por ter o maior número de imagens; categorias essas que, no geral, corroboram com o que frequentemente é apresentado nos livros de química, ou seja, representações ou modelos destinados a explicar o funcionamento do que vemos no nível macroscópico, mas que consequentemente está presente ou acontecendo no nível submicroscópico (JHONSTONE, 1993; 2000), imperceptíveis pelos nossos sentidos. Assim:

> Qualquer que seja a imagem, nela existe um inventário de informações acerca do tema principal e do seu entorno; trata-se de informações explícitas e implícitas, a saber: as explícitas, específicas ao objeto de representação; registros fotográficos que retratam ou documentam o assunto: o visível, o aparente da representação; [...] implícitas, relativas à história e ao contexto que envolvem o tema registrado, são da ordem dos fatos passados e das 70 mentalidades, heranças culturais e ideológicas que afetam o indivíduo. Não se fazem ver, são invisíveis, o oculto da representação. (KOSSOY, 2007, p. 50-51).

A ferrugem, por exemplo, é visualmente e olfativamente perceptível. No mundo químico, todavia, é necessário lançarmos mão de representações para as reações que ocorrem no processo de oxidação do ferro (nível submicroscópico), e assim explicar a "camada" avermelhada formada na superfície do metal. Nesse sentido, Gibin e Ferreira (2013) ressaltam a importância de se estabelecer a relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico, pois o entendimento desses níveis (especialmente o microscópico e submicroscópico) — "[...]

é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, e a fraqueza de nossa disciplina quando tentamos ensiná-la, ou o mais importante, quando os estudantes tentam aprendê-la". (JHONSTONE, 2000, p.11).

4.2 Análise das imagens sob a perspectiva da Gramática de Design Visual (GDV)

A análise das imagens presentes nos livros foi realizada seguindo os pressupostos teóricos de Kress e Van Leeuwen (2006) na Gramática do Design Visual. Sendo organizada pela classificação na função representacional, função interativa ou interacional e função composicional.

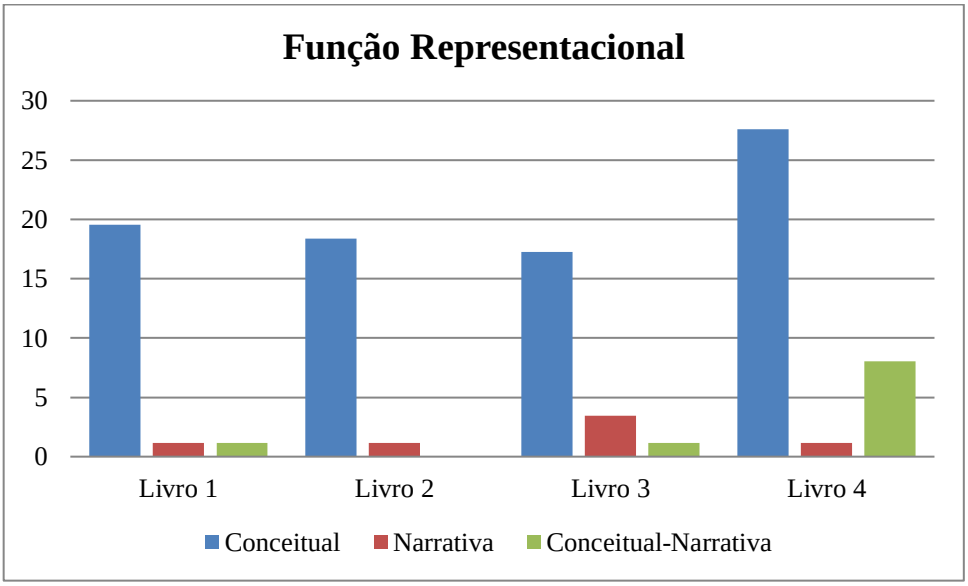
Para fins de sistematização, optamos por iniciar a análise das fotografias pela função representacional, identificando os processos narrativos ou conceituais. Em seguida, foi descrito o modo como acontece à interação entre o participante interativo e o participante representado, observando o contato, a distância social, a atitude e a modalidade, subcategorias da função interativa. Por fim, selecionamos algumas imagens para analisarmos como um todo integrado, verificando como ocorre a relação entre as três funções (representacional, interacional e composicional), analisando os processos representacionais, interativos ou interacionais e composicionais. Neste último, analisou-se o valor informacional, a saliência e enquadramento das imagens.

As subcategorias das funções representacional e interativa foram tabuladas e quantificadas separadamente para apresentarmos os dados levantados de modo mais detalhado. Na sequência, esses dados são interpretados e discutidos.

4.2.1 Função Representacional

A análise das imagens indicou a predominância de **processos conceituais** nos quatro livros, tanto no geral, quanto no individual (gráfico 1).

Gráfico 1 - Ocorrência dos processos da função representacional



Fonte: A autora (2019)

Todos os livros apresentaram uma concentração maior de imagens representacionais conceituais em relação às representacionais narrativas. Assim, o L1 apresentou 17 (19,54%) imagens conceituais e 1 (1,14%) imagem narrativa; o L2, 16 (18,39%) imagens conceituais e 1 (1,14%) imagem narrativa; o L3, 15 (17,24%) imagens conceituais e 3 (3,44%) imagens narrativas; e o L4, 24 (27,58%) imagens conceituais e 1 (1,14) imagem narrativa.

A maioria das imagens analisadas não possui vetor, o foco está no portador e seus atributos. São imagens que mostram estruturas/caraterísticas/conceitos e, portanto, instituem referentes para o assunto tratado no capítulo ou tópico. Elas não apresentam ações/reações ou alterações, apenas um estado estático, disposições simétricas e/ou relação parte-todo.

Mortimer *et al* (2000, p. 276) afirmam que:

> Para o ensino da ciência química, os atributos das imagens podem ser ainda mais significativos se considerados os diferentes níveis de compreensão de seu conhecimento: o fenomenológico, mais associado aos sentidos; o representacional, relacionado ao uso de símbolos, fórmulas e equações; e o teórico-conceitual, constituído pela manipulação mental de entidades abstratas como átomos e moléculas.

É importante ressaltar ainda que, de acordo com os dados supracitados, o L4 apresentou o maior número de imagens conceituais (24) e o L3, o maior número de imagens narrativas (3).

Observou-se ainda que algumas imagens (9) apresentaram caraterísticas representacionais tanto conceituais quanto narrativas sendo, em virtude disso, classificadas como Representacional "Conceitual-narrativa". Como observado, o L2 não apresentou

nenhuma imagem com essa classificação, os livros L1 e L2 ilustraram, cada um, 1 (1,14%) imagem; e o L4, mostrou-se com o maior número de representações (7 imagens – 8,04%), perfazendo assim, um total de nove (9) imagens classificadas como conceitual-narrativa.

Assim, nos quatro livros de química geral, identificamos 87 imagens (todas) classificadas na função representacional conceitual (72 imagens – 82,7%), narrativa (06 imagens – 6,9%) e "conceitual-narrativa" (09 imagens – 10,3%) (tabela 2).

Tabela 2 - Classificação geral apresentando o total de representações narrativas e/ou conceituais.

Total de figuras representacionais					
Conceituais	**%**	**Narrativas**	**%**	**Conceitual-Narrativa**	**%**
72	**82,7**	**06**	**6,9**	**09**	**10,3**

Fonte: A autora (2019)

Apesar de no âmbito da química haver a constante e frequente presença de reações com setas unidirecionais, bidirecionais, enfim, transformações que se apresentam com vetores e consequentemente processos narrativos, nos capítulos analisados ocorreu a maior valorização dos participantes e seus atributos, dando enfoque majoritário aos processos conceituais. Para serem eficazes, as imagens devem fornecer informações sobre as relações entre os elementos concretos a serem descritos no texto melhorando a sua compreensão. Os efeitos sobre a cognição com o uso de imagens parecem ser melhores quando fornecem uma maneira para as pessoas interpretarem o que leram ou ouviram falar, ou seja, auxiliam os leitores a verificar sua compreensão do texto, ligando ou organizando a informação textual (BRANSFORD (1979); BRANSFORD; JOHNSON, (1972)). Assim, se um dos critérios para uma imagem cumprir o seu objetivo de facilitar a compreensão de alguns conteúdos é estabelecer relações entre os elementos concretos descritos no texto e, sabendo ainda que as imagens conceituais apresentam os **participantes** de forma generalista, relativamente estável e atemporal, em que o foco é os **atributos** e as **identidades** dos participantes, podemos inferir que um dos principais objetivos das representações nos respectivos capítulos dos livros, é mostrar/ilustrar/representar aquilo que o texto está falando de modo a facilitar a compreensão a partir da visualização (nas imagens), uma correlação entre a descrição do objeto (texto) e o próprio objeto (imagem).

4.2.1.1 Representação Narrativa

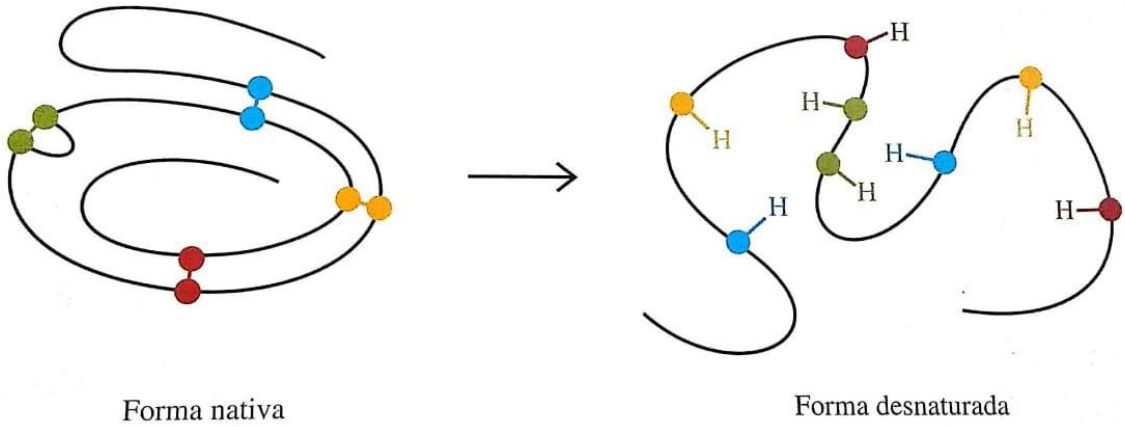
A ocorrência do maior número de imagens narrativas concentrou-se no livro L3. Vejamos, por exemplo, as figuras 1 e 2, correspondentes a uma representação diagramática da estrutura de uma enzima mencionada no problema 25.51, na sessão de "Problemas Adicionais" (1); e a um procedimento para identificação pelo DNA no texto "Química em Ação" (2); apresentadas no livro L3, ambas classificadas como **imagem representacional narrativa transacional de ação**.

O processo é **narrativo transacional**, visto que retrata uma **ação** que envolve pelo menos dois **participantes** (Ator e Meta) conectados por um **vetor.** A figura 1 ilustra dois participantes (P1 e P2): o **ator**, a forma nativa de uma proteína (P1) e sua forma desnaturada (P2), a **meta**. Neste caso, ator e meta, estão conectados por um **vetor unidirecional**, o qual indica a possibilidade de tão somente um ator e uma meta na ação, isto é, cada participante poderá ser exclusivamente, **ator ou meta**, diferenciando-se do que acontece na ação cujo **vetor é bidirecional** (figura 3), pois, nesta circunstância, cada participante poderá ser **ator e meta** ao mesmo tempo, na mesma ação. O portador da imagem (figura 1) deixa claro o seu objetivo, isto é, representar de forma simplificada a estrutura de uma proteína na forma nativa e os rompimentos das ligações de hidrogênio após a desnaturação, em que cada estrutura está indicada pelo texto inferior a cada uma delas. Por outro lado, sem um contexto e indicação textual, a imagem apresenta um sentido mais amplo (tendo em vista a simplificação da representação), abrindo espaço para que cada leitor faça inferências individuais que podem, ou não, divergirem entre si. Já na figura 3, o objetivo está mais restrito, isso por que as estruturas químicas com os átomos (indicados pelas letras), ligações químicas e setas bidirecionais (indicando equilíbrio químico), induzem o leitor ao contexto de reações químicas e que, compreendendo a fórmula estrutural, o leitor poderá inferir sobre qual reação o portador trata, sem que haja, necessariamente, a indicação textual.

Nesse contexto percebemos que o significado de uma representação é tão importante quanto a própria representação. Para diferentes pessoas, uma mesma representação pode indicar informações distintas e a socialização desses conceitos, pode trazer uma boa forma de construção do conhecimento (SANA; SOUZA; ARROIO, 2016)

Vale ressaltar que a representação de um objeto ou fenômeno é uma construção que constitui um modelo cujos elementos são selecionados segundo um objetivo específico (BRUNER, 1998).

Figura 1 - Representação diagramática da estrutura de uma enzima mencionada no problema 25.51, na sessão de “Problemas Adicionais” do livro L3. Imagem representacional narrativa transacional de ação unidirecional.



Fonte: Chang; Goldsby (2013).

As imagens podem ser especialmente eficazes (principalmente no âmbito da química) quando os professores ou estudantes buscam mostrar fenômenos difíceis de reproduzir em ambientes não especializados - tais como organismos e microestruturas, relações espaciais ou ainda, reações químicas complexas ou perigosas. É nesse contexto que a utilização de representações ganha ainda mais ênfase, levando em consideração o alto grau de abstração no ensino de química, bem como a complexidade de realizar diversas atividades práticas, como já exemplificada anteriormente.

Assim, uma representação com processos narrativos, por exemplo, possibilita/auxilia o professor na explicação de uma reação de combustão, reações que produzam compostos (ex.: gases) tóxicos, ou a desnaturação de uma proteína, e tantas outras que por suas caraterísticas é vedado a realização prática em sala de aula, pois exigem ambientes específicos.

Uma interpretação para a forma como as imagens atuam foi proposta por Paivio (1971, 1986), a qual sugere que as mesmas são mediadoras da aprendizagem podendo auxiliar a memória devido à vantagem da dupla codificação, isto é, a ativação da memória verbal e da memória visual na memória de trabalho tornando mais fácil ligar os dois códigos e, consequentemente para lembrar e recuperar informações.

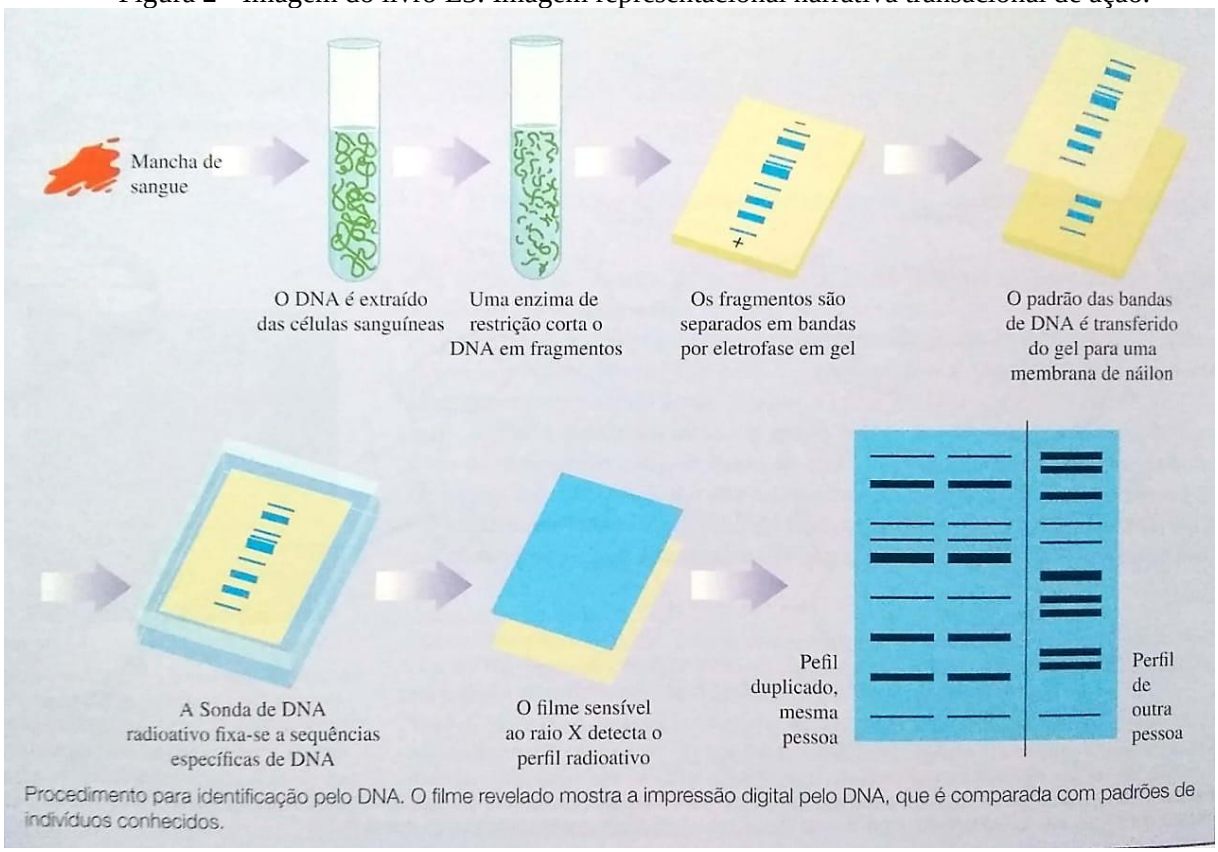
Na figura 2, há oito **participantes** (P1 à P8). A mancha de sangue (P1) é o **ator** da primeira ação e a extração do DNA das células sanguíneas (P2), **a meta**, ambos conectados por um **vetor unidirecional** (seta). Para tanto, à medida que a extração do DNA das células sanguíneas é meta na primeira ação, ela passa a ser ator da segunda ação, sendo ator e meta ao

mesmo tempo. Assim, percebemos, pelo menos, sete ações em andamento indicadas pelos vetores.

Nessa imagem, a classificação para o restante dos participantes do procedimento indicado na figura 2 segue a mesma linha de raciocínio. Assim como o participante 2, a enzima de restrição que corta o DNA em fragmentos (P3), a separação dos fragmentos em bandas por eletrofase em gel (P4), a transferência do padrão das bandas de DNA do gel para uma membrana de náilon (P5), a fixação da sonda de DNA radioativo a sequências específicas de DNA (P6) e o filme sensível ao raio X detectando o perfil radiativo (P7) são todos meta de uma ação e ator da próxima. Apenas o perfil duplicado, mesma pessoa — perfil de outra pessoa (P8) difere dos demais participantes, sendo somente meta da última ação.

De modo geral, os participantes 1 e 8 são apenas ator (da primeira ação) e meta (da última ação), respectivamente, ao passo que os participantes 2, 3, 4, 5, 6 e 7, são atores e meta ao mesmo tempo, porém, de ações diferentes.

Figura 2 - Imagem do livro L3. Imagem representacional narrativa transacional de ação.



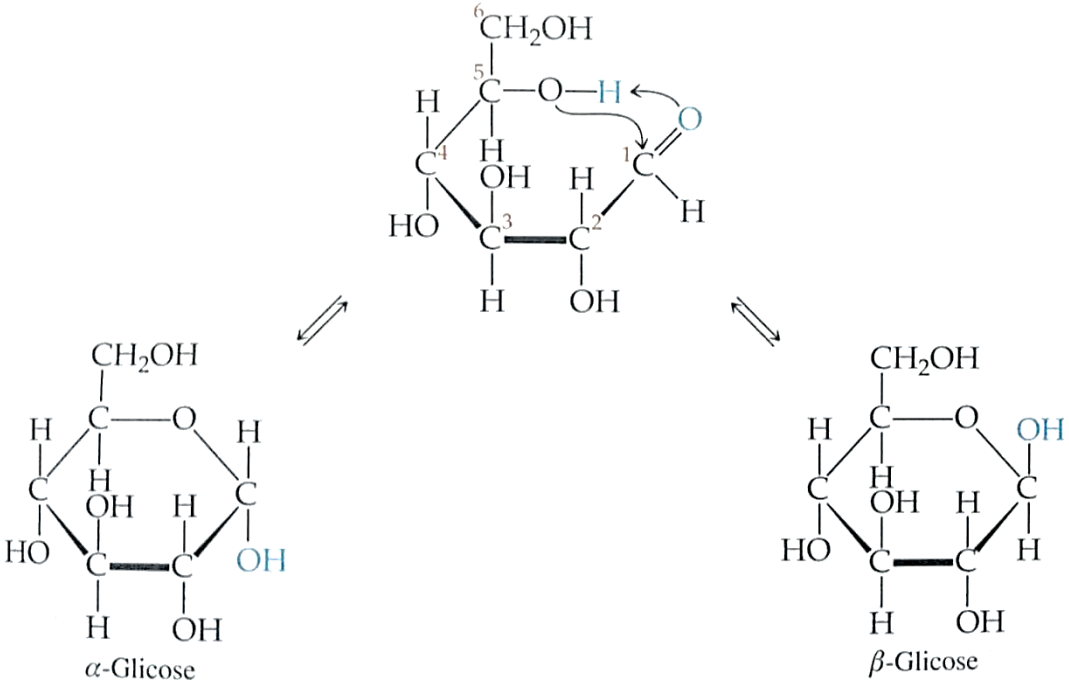
Fonte: Chang; Goldsby (2013).

Em ambas as imagens do livro L3 o(s) ator(es) e a(s) meta(a) está(ão) dispostos de forma semelhante, ou seja, ator e meta estão separados por um vetor unidirecional (seta), o

qual indica uma ação, também unidirecional com cada participante exercendo apenas uma função por ação, sendo ator ou meta.

Em contrapartida, a figura 3 representa um **processo narrativo transacional de ação** com a presença de **vetores bidirecionais**. Correspondente a uma representação presente no livro L2, a reação de formação da α-Glicose (participante 2 – P2) e da β-Glicose (participante 3 – P3), a partir da Glicose (participante 1 – P1), apresenta uma característica processual diferente daquelas indicadas nas figuras 1 e 2, em que o vetor direciona a ação para um único sentido (unidirecional). Neste caso (figura 3), o **vetor** se apresenta como duas setas em sentidos contrários e sem nenhuma alteração ou deslocamento, mostrando, em um primeiro momento, que os participantes 1 e 2; e 1 e 3 são atores e meta ao mesmo tempo, na primeira e segunda ação, respectivamente, caracterizando um **processo narrativo transacional de ação bidirecional sequencial**. Por outro lado, ao observarmos a reação de equilíbrio, notamos que não temos uma ação propriamente dita, apesar da existência de vetores. Isso porque tais vetores bidirecionais apresentam um caráter mais **conceitual** que narrativo, pois os participantes não formam etapas subsequentes, formam símbolos representativos de um equilíbrio químico, diferentemente da imagem 2, por exemplo, que as etapas e/ou ações estão nítidas e demarcadas pelos vetores.

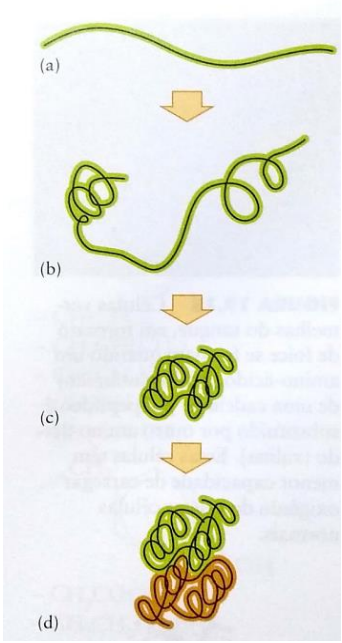
Figura 3 - Imagem do livro L2. Imagem representacional conceitual.



Fonte: Brown; LeMay; Bursten (2005).

Análogo aos processos apontados nas figuras 1 e 2, as figuras 4 e 5, presentes nos livros L1 e L4, respectivamente, também denotam **processos narrativos transacionais de ação unidirecional**.

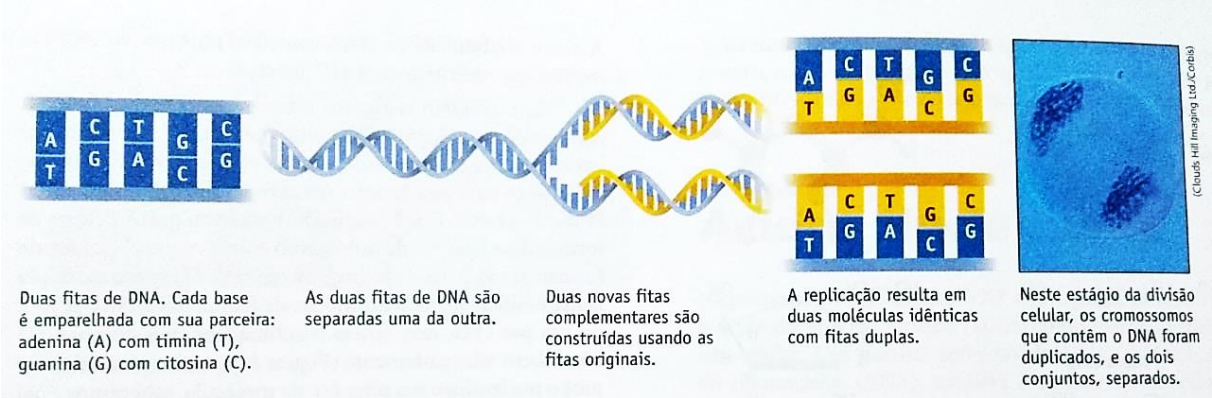
Figura 4 - Imagem do livro L1. Imagem representacional narrativa transacional de ação.



Fonte: Atkins; Jones (2006).

Para tanto, na figura 5, os vetores não aparecem e o processo é narrado por meio de texto na parte inferior de cada etapa do procedimento. As duas fitas de DNA com suas respectivas bases emparelhadas (P1); a separação das duas fitas de DNA, uma da outra (P2); a construção das duas novas fitas complementares usando fitas originais (P3); a replicação resultando em duas moléculas idênticas com fitas duplas (P4); e o estágio da divisão celular em que os cromossomos que contém o DNA foram duplicados, e os dois conjuntos separados (P5); compõem os cinco participantes de quatro ações do processo de replicação do DNA. Enquanto P1 e P5 são apenas ator e meta da primeira e última ação, respectivamente, P2, P3 e P4, são atores e meta ao mesmo tempo, porém, em ações diferentes.

Figura 5 - Imagem do livro L4. Imagem representacional narrativa transacional de ação.



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Todas as imagens narrativas (figuras 1, 2, 3, 4 e 5) possuem plano de fundo liso de cor uniforme, sem distinguir a posição dos participantes em primeiro ou segundo plano, em outras palavras, não há **participantes secundários** nas imagens, mostrando, desse modo, a ausência de **circunstâncias** nas ações. Em suma, as imagens apresentam os vetores como aspecto determinante da ação, os quais se referem aos participantes principais, ator e meta, exceto para a figura 5, em que não há a presença de vetores nas ações.

Vale ressaltar que os gestos, assim como as expressões verbais, são exemplos de representações narrativas. Por conseguinte, ao serem externadas, emoções, ações, reações, entre outras experiências, dão corpo aos pensamentos (SANTAELLA, 2005) produzindo significados.

Na Educação em Ciências as estruturas visuais narrativas são facilmente encontradas, tendo em vista a necessidade de representação que os processos e fenômenos estudados nesta área possuem. As figuras 1 a 5 mostram que as imagens, os vetores, as cores e o texto verbal formam um todo que amplia a compreensão sobre o que se quer comunicar. O uso da linguagem verbal ou da linguagem visual não é uma opção igualmente válida. Alguns conteúdos serão mais bem explicados visualmente, enquanto outros conteúdos serão mais bem explicados verbalmente, não precisa haver uma "sincronia" – no sentido de que haja uma correspondência equivalente entre a estrutura verbal e a estrutura visual – para que a mensagem seja compreendida. Albuquerque (2018, p. 65) diz que:

> Embora alguns elementos como os vetores possam ser considerados como equivalentes aos verbos, os signos empregados são próprios de cada linguagem, no caso, funcionam para criar o sentido de sequência/consequência ou continuidade. Os processos narrativos, por sua natureza deveriam ser os mais empregados na Educação em Ciências, mas não são. A representação conceitual continua sendo a mais empregada.

Assim, vale ressaltar, que os dados apresentados neste trabalho corroboram o posicionamento de Albuquerque (2018) de que as representações narrativas, apesar de serem as mais propensas ao contexto da Educação em Ciências, apresentam-se com menor frequência, quando comparadas às conceituais.

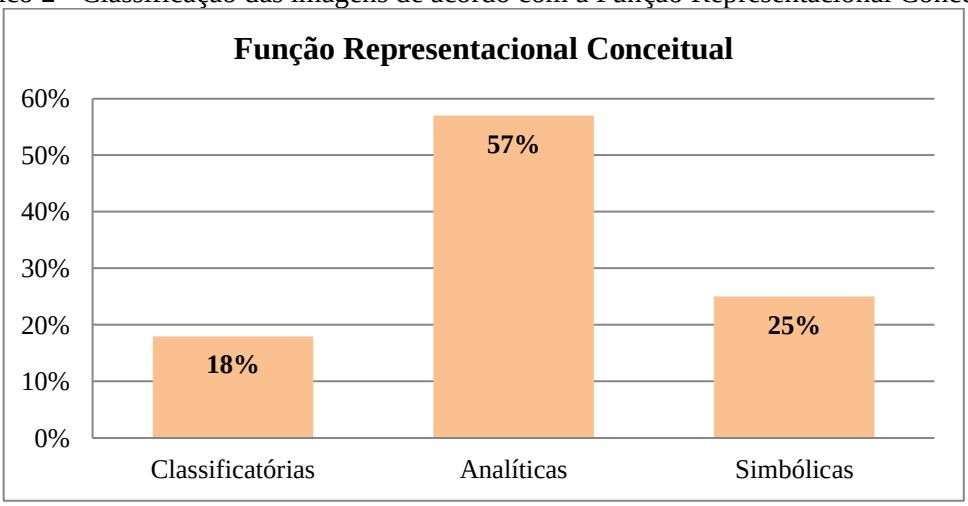
4.2.1.2 Representação Conceitual

Neste panorama, constatamos a ocorrência majoritária das imagens **conceituais**. Esse tipo de imagem como já mencionado na revisão da literatura, é usado para representar os **participantes** de forma generalista, relativamente estável e atemporal, em que o foco é os **atributos** e as **identidades** dos participantes; diferentemente das representações **narrativas**, nas quais os participantes são captados durante o curso de uma **ação** ou **acontecimento**. Assim sendo, em outras palavras, as imagens conceituais possibilitam a representação dos participantes de forma mais identitária ou estrutural e suas relações de constituição ou de classificação.

> Para perceber a natureza estável e atemporal da classificação, os participantes são frequentemente mostrados de uma forma mais ou menos objetiva, descontextualizada. O fundo é liso e neutro. Profundidade reduzida ou ausente. O ângulo é frontal e objetivo. E frequentemente há palavras dentro do espaço da imagem. (KRESS; van LEEUWEN 2006, p. 79)

Os resultados também indicaram que das 72 imagens classificadas nos processos conceituais, predominam os processos conceituais do tipo analítico (57%), com foco nos atributos possessivos dos participantes/portador; seguido do simbólico (25%) e classificatório (18%) (gráfico 2). Segundo Kress e van Leeuwen (2006, p. 91), “como um todo, o processo analítico é o usual, o não marcado e, portanto, a mais elementar opção no sistema visual de representação”.

Gráfico 2 - Classificação das imagens de acordo com a Função Representacional Conceitual



Fonte: A autora (2019).

A categoria "diagramas, gráficos e sistemas", apresentou o menor número de imagens conceituais, ilustrando apenas três (3), das quais, uma (1) classificatória e duas (2) analíticas. Da categoria "fotografia" foram classificadas doze (12) imagens como conceituais, sendo uma (1) analítica e onze (11) simbólicas. Seguida da categoria "estruturas moleculares em 3D" que, com vinte e seis (26) imagens, mostrou-se presente em todas as classificações conceituais, isto é, três (3) representações classificatórias, dezesseis (16) analíticas e sete (7) simbólicas. E, por fim, a categoria que exprimiu a maior concentração de imagens conceituais. Com trinta e uma (31) imagens, a categoria "fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular" retratou nove (9) imagens classificatórias e vinte e duas (22) analíticas.

Assim, dentre as setenta e duas (72) imagens conceituais, presentes nos quatro livros, observou-se a predominância de **representações conceituais analíticas**, evidenciando assim a usualidade destacada por Kress e van Leeuwen (2006). Nesse contexto, podemos inferir que as imagens conceituais analíticas auxiliam o professor na sala de aula de modo a atribuir/nomear as características (atributos possessivos) do que está sendo representado (portador) sem que haja a necessidade de recorrer ao texto, pois, na maioria dos casos, a associação do conteúdo pode ser feita ao olhar a imagem (ex.: representação de estruturas químicas – o leitor (adepto à química) saberá que a imagem trata-se de uma estrutura química com diferentes átomos, ligações, e que cada uma desses elementos possui um conceito, um significado) permitindo que o leitor (estudante) visualize o todo e suas partes e já faça todas as inferências possíveis, catalisando/facilitando desse modo o processo de aprendizagem.

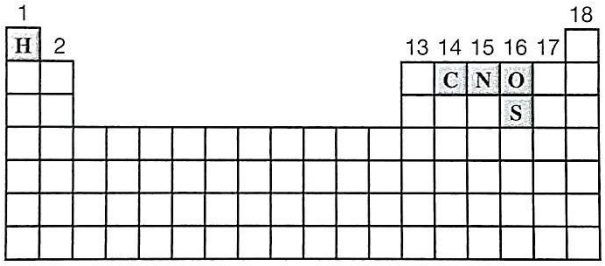
Em virtude disso, os livros de química geral analisados priorizam as representações conceituais analítica, com o intuito de proporcionar ao leitor uma melhor compreensão do que está sendo exposto no texto.

Nos processos **conceituais classificatórios** não há vetores de ação. Estes processos representam participantes arranjados de forma relativamente simétrica, destacando suas características em comum, que os definem como pertencentes a uma determinada categoria. A classificação pode ser representada por processos de **taxonomia explícita** ou **taxonomia implícita**.

Nessa perspectiva, as treze (13) imagens classificadas como **conceitual classificatória** representam uma **taxonomia**. As figuras 6, 7 e 8, presentes, respectivamente, são exemplos de processos conceituais classificatórios de **taxonomia explícita**, pois foco da representação são as características dos participantes enquanto integrantes de um grupo, o qual está restrito por meio de uma legenda verbal.

Na figura 6, a legenda verbal **Elementos constituintes das proteínas**, inclusa na figura, restringe os participantes a um grupo específico. A categoria à qual os participantes (H, C, N, O, S) pertencem está identificada de modo inequívoco no texto, isto é, os elementos hidrogênio (H), carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O) e enxofre (S), presente nas famílias 1, 14, 15, 16 e 16, respectivamente, são elementos constituintes das proteínas.

Figura 6 - Imagem do livro L3. Representação conceitual classificatória de taxonomia explícita.



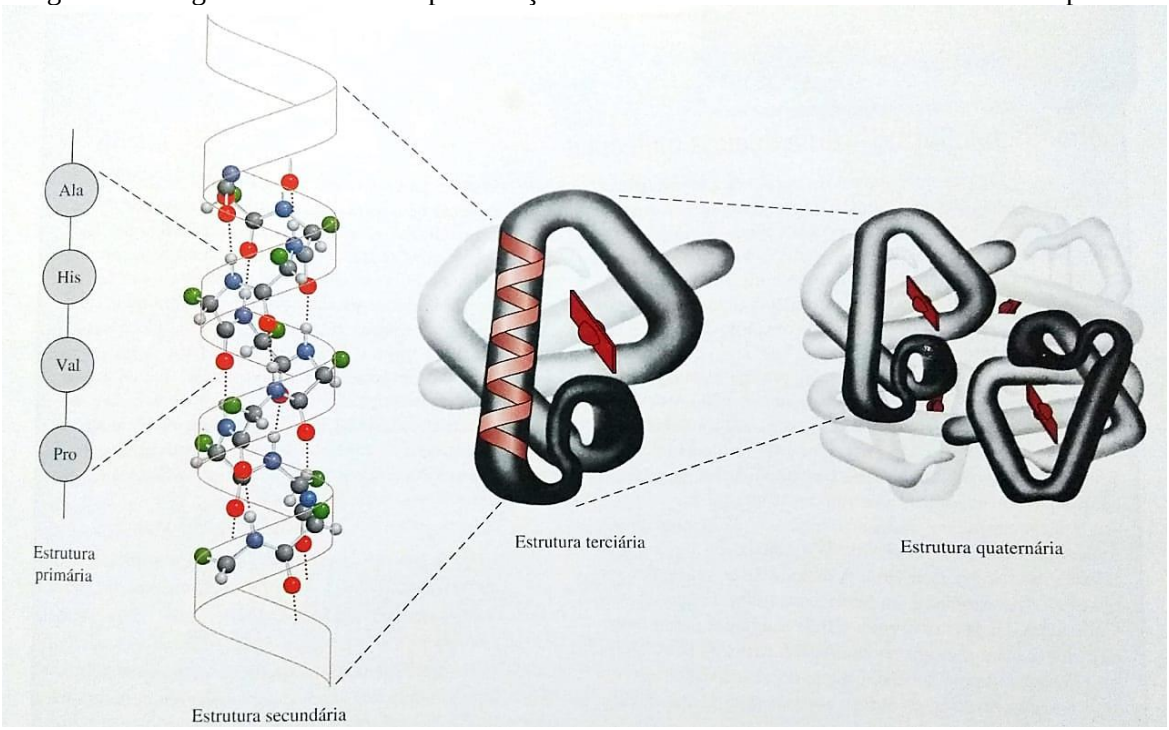
Elementos constituintes das proteínas.

Fonte: Chang; Goldsby (2013).

De acordo com Kress e Van Leeuwen (1996), a taxonomia explícita é diagramática, pode ou não ter a presença de imagens, e é representada em forma de "árvore", constituindo níveis hierárquicos. Assim, esse tipo de representação permite que um participante seja **superordenado** em relação a determinado(s) participante(s) e **subordinado** a outro(s). Kress e Van Leeuwen os chamam de participante inter-ordenado. É o que acontece nas figuras 7 e 8.

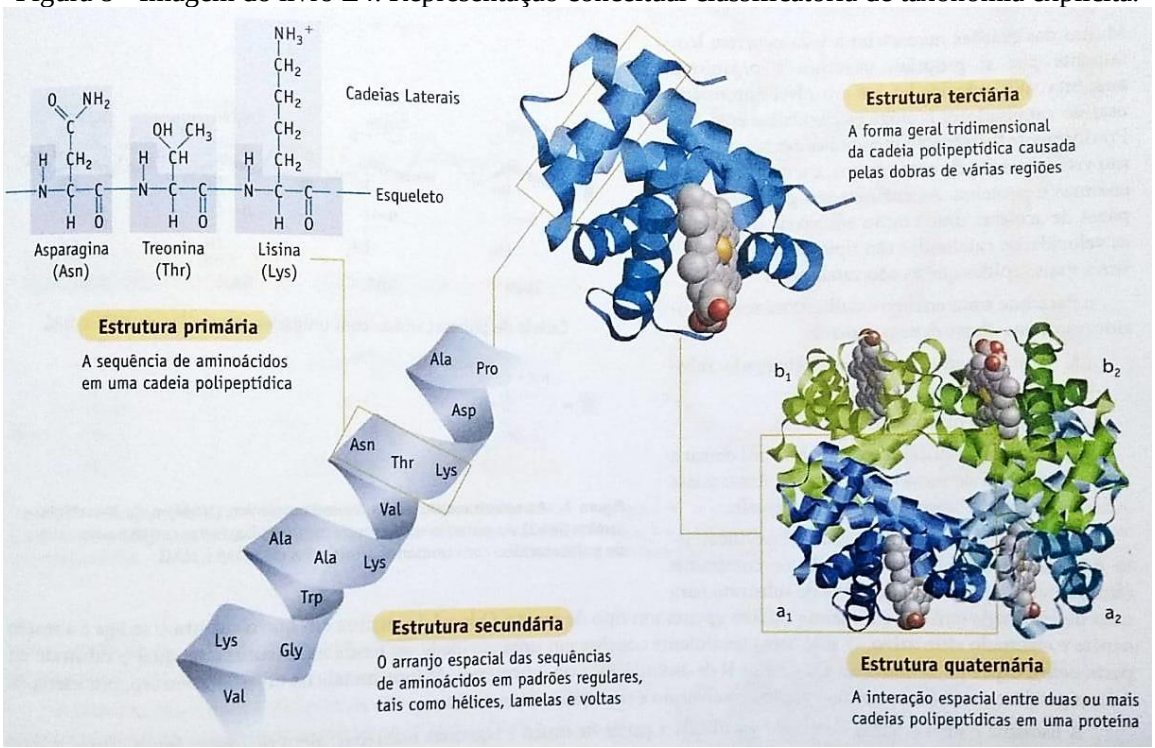
As linhas tracejadas (figura 7) e as linhas contínuas verde (figura 8) indicam os níveis hierárquicos entre os participantes (P) da estrutura (primária, P1; secundária, P2; terciária, P3; e quaternária, P4) de uma proteína.

Figura 7 - Imagem do livro L3. Representação conceitual classificatória de taxonomia explícita.



Fonte: Chang; Goldsby (2013).

Figura 8 - Imagem do livro L4. Representação conceitual classificatória de taxonomia explícita.



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Desse modo, ambas as imagens apresentam uma hierarquia entre os **participantes interordenados**, isto é, entre as estruturas da proteína, em que a estrutura primária é **participante subordinado** às estruturas secundária, terciária e quaternária, as quais são **participantes superordenados**.

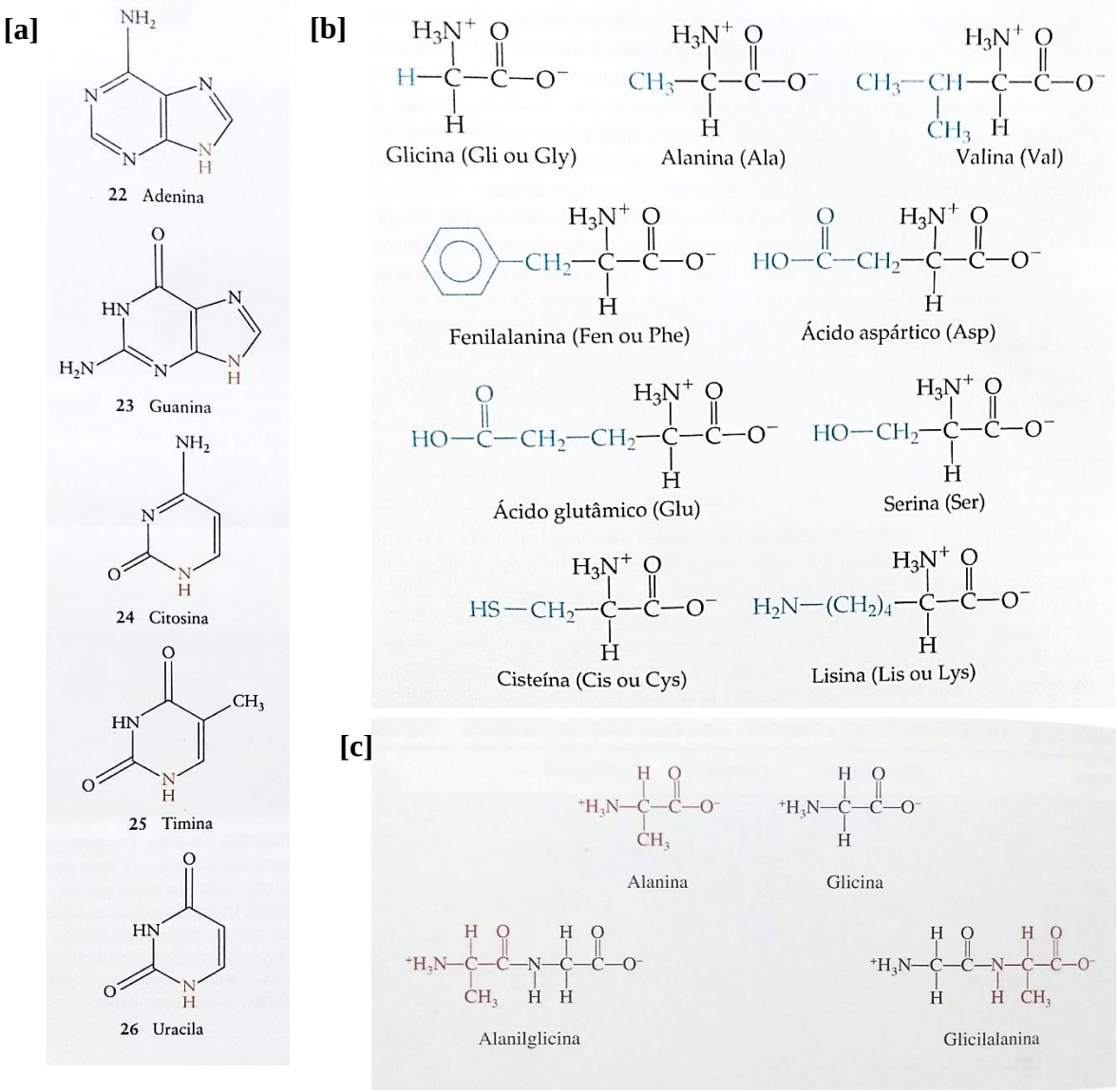
Nessa linha de raciocínio, P1 é apenas participante subordinado; P2 e P3, são participantes subordinados e superordenados ao mesmo tempo; e P4 é apenas participante superordenado.

Por outro lado, a **taxonomia implícita**, é aquela na qual não há legenda verbal na imagem, cabendo assim, ao leitor estabelecer as relações existentes entre eles, por meio de inferência, ou localizar tal classificação no texto verbal que possa estar acompanhando a imagem. Kress e Van Leeuwen (2006) citam que na taxonomia implícita, representada visualmente, a equivalência entre os participantes subordinados é estabelecida pela composição simétrica, ou seja, os **participantes** são representados com igual distância uns dos outros, com o mesmo tamanho e com a mesma orientação, vertical ou horizontal. Além da simetria, para representá-los de forma estável e atemporal, eles são, normalmente, representados de maneira descontextualizada.

Na figura 9, podemos observar exemplos de **processos conceituais classificatórios de taxonomia implícita**. Nas três (a, b e c) imagens da figura 9, observamos que há a nomeação dos participantes, isto é, para tanto, sem a indicação de legenda na figura, fica a critério do leitor inferir sobre a relação e/ou do que elas estão tratando/informando. Uma possível inferência para a figura 9[a] é que se trata das bases nitrogenadas do DNA e, para as figuras 9[b] e 9[c], que as estruturas químicas se referem aos aminoácidos. Para tanto a finalidade específica de cada imagem é incerta, podendo variar de acordo com o ponto de vista de cada leitor.

Outro aspecto importante que merece ênfase são as posições simétricas entre os participantes e a forma descontextualizada, mostrando que não há hierarquia entre os mesmos, corroborando assim com o conceito de taxonomia implícita, de Kress e Van Leeuwen (1996).Mesma coisa, falta uma discussão com a química e uma relação com outros trabalhos sobre imagens/multimodalidade.

Figura 9 - Imagens do livro L1 [a]; do livro L2[b]; e do livro L3 [c]. Representações conceituais classificatórias de taxonomia implícita.



Fontes: Atkins; Jones (2006). Brown; LeMay; Bursten (2005). Chang; Goldsby (2013).

De acordo com Silva (2007), em cada dimensão do conhecimento químico prevalecem determinadas qualidades semióticas de significação. No nível macroscópico do conhecimento químico prevalecem as relações indiciais e simbólicas. No nível submicroscópico são encontradas predominantemente as relações icônicas e simbólicas de significação. No nível simbólico do conhecimento químico, no entanto, são encontradas todas as qualidades de significação semiótica, ou seja, indiciais, icônicas e simbólicas. Com isso a dimensão simbólica do conhecimento químico certamente oferece maior dificuldade de compreensão dentro do que atualmente é proposto como conhecimento químico oficialmente aceito.

Nessa perspectiva, atribuir ou compreender um/o significado da/a imagem não é tão simples quanto parece, bem como promover a compreensão desse significado por meio da

relação professor/aluno. Para tanto, neste panorama, é necessário manter a relação professor/imagem/aluno, isso porque no processo de ensino e de elaboração conceitual, a linguagem associada com química não é diretamente transparente quanto aos seus significados, pois sentidos e significados, que historicamente constituem o sujeito, estão em negociação e tensão, havendo a necessidade de mediação (do especialista, professor) para que ocorra, sob o ponto de vista da Ciência, uma leitura coerente das imagens empregadas no ensino de Ciências/Química (Fleck, 2010; Bakhtin, 2009; Silva, 2006; Giordan, 2008; Queiroz, 2009; Teruya et al., 2013).

Consonante a isto, o professor de química poderá utiliza-se de imagens (como meio facilitador da sua prática) que apresentem processos conceituais classificatórios, para ilustrar um conjunto de substâncias (quanto à estrutura, propriedades, entre outros) pertencentes a um mesmo grupo. Abordar as partes de um todo por meio de imagens (ex.: as partes de um equipamento, a estrutura de uma proteína ou as partes de qualquer outra estrutura, entre outros).

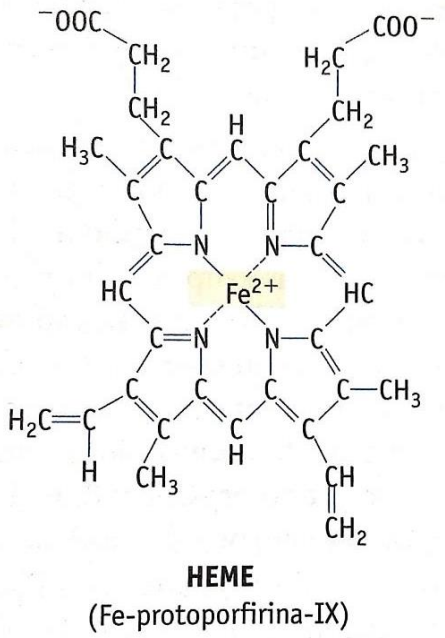
No mesmo âmbito das representações conceituais, temos os **processos analíticos**, os quais representam elementos na imagem em uma relação parte/todo. O todo é o **portador** e as partes são os **atributos possessivos**. As imagens Analíticas são pouco detalhadas, somente as caraterísticas principais do portador são representadas, por isso, desenhos com diferentes graus de esquematização são mais usados nesse tipo de representação do que fotografias ou desenhos artísticos altamente detalhistas. A presença de rótulos verbais para identificar os atributos possessivos representados imageticamente é outra característica típica das imagens analíticas (KRESS; van LEEUWEN, 1996).

As quarenta e uma (41) imagens classificadas como **conceitual analítica** representam seus respectivos **portadores (o todo)** e **atributos possessivos** (as partes), podendo ser **estruturadas** (quando apresentam rótulos ou descrições sobre as partes) ou **desestruturadas** (quando não especificam a relação entre a(s) parte(s) (atributos) e o todo (portador). Os atributos formam apenas uma espécie de lista desordenada das partes). Também podem ser classificadas como **exaustivas** (quando toda a imagem mostra exaustivamente as partes e/ou atributos do portador) ou **inclusivas** (quando os atributos possessivos são mostrados, mas grande parte do portador não aparece). E, podem apresentar um **processo analítico temporal** (quando a representação parece ocupar um lugar entre o processo narrativo e o analítico). Vale ressaltar que as imagens, geralmente, não são classificadas com esses processos de forma isolada, isto é, em uma mesma representação pode

haver a coexistência de mais de um processo. As figuras 9 e 10 podem ser classificadas como **conceituais analíticas estruturadas exaustivas**.

Na figura 10, o portador é o grupo Heme (Fe-protoporfirina-IX), descrito na parte inferior da imagem, sinalizando assim para um **processo estruturado**, pois está sendo apresentado um rótulo/descrição das partes. Os **atributos possessivos** (partes) do **portador** estão exaustivamente ilustrados, isto é, basicamente todos os átomos e ligações presentes na estrutura química do grupo Heme estão sendo indicadas e nomeadas na imagem, característica marcante do **processo exaustivo**.

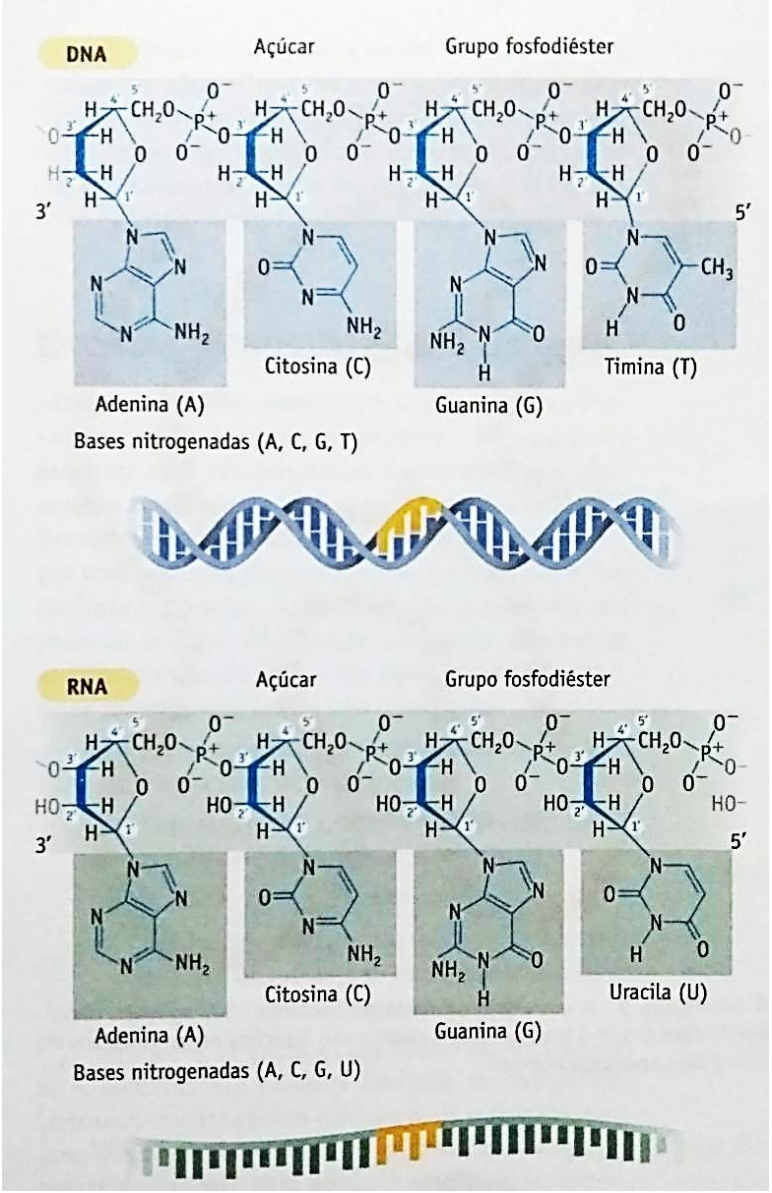
Figura 10 - Imagem do livro L4. Representação conceitual analítica estruturada exaustiva.



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Do mesmo modo, na figura 11, as relações entre portador e atributos possessivos são análogas à figura 10. Para tanto, nesta, há dois **portadores**, a estrutura do DNA e a do RNA, as quais estão identificadas na imagem, conferindo um **processo estruturado**. Cada um dos portadores mostra-se com seus respectivos **atributos possessivos**, apresentados de maneira bastante detalhada, ou seja, as estruturas químicas de cada base nitrogenada com seus respectivos átomos, ligações e as cargas parciais negativas e positivas de ânions e cátions, respectivamente, estão à mostra na imagem, caraterísticos do processo exaustivo.

Figura 11 - Imagem do livro L4. Representação conceitual analítica estruturada exaustiva



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Por outro lado, as figuras 12 e 13 exemplificam o processo analítico estruturado inclusivo. Apesar da ausência de descrições ou rótulos no **portador**, é visível que os atributos possessivos do mesmo estão todos posicionados de forma organizada, ou seja, **estruturada** (figura 12). Para tanto, para compreender quais informações a imagem pretende transmitir, o leitor tem que recorrer ao corpo do texto, pois grande parte dos **atributos possessivos** (átomos, ligações, entre outros) do portador não aparece, configurando um **processo inclusivo**.

Podemos observar vários ciclohexanos na conformação cadeira conectados por um átomo (figura 12), mas, de acordo com as informações prestadas, sem recorrer ao texto que

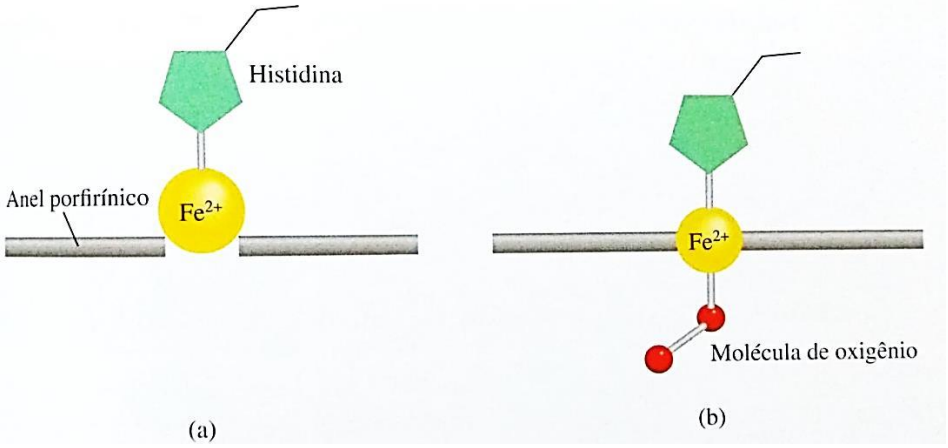
acompanha a imagem, essa será uma das poucas inferências que o leitor poderá fazer a respeito, especialmente se ele não for adepto ao conhecimento químico.

Figura 12 - Imagem do livro L1. Imagem representacional conceitual analítica estruturada inclusiva.

Fonte: Atkins; Jones (2006).

Da mesma forma, a figura 13, também apresenta um processo **analítico estruturado inclusivo**. No entanto, alguns dos **atributos possessivos** do **portador** estão identificados, como o grupo Heme/Fe^{2+} (bola amarela), a histidina (pentágono ou ciclopentano verde), o anel porfirínico (bastões marrons) e a molécula de oxigênio. Em contrapartida, se compararmos o grupo Heme dessa figura com o apresentado na figura 10, podemos visualizar com clareza a diferença entre os processos inclusivo e exaustivo. Enquanto na figura 10 o objetivo da representação é mostrar a estrutura completa/composição do grupo Heme (detalhada); na figura 13 o objetivo parece não girar em torno da estrutura em si, mas sim ilustrar as alterações gerais ocorridas a partir da ligação de uma molécula de oxigênio à estrutura.

Figura 13 - Imagem do livro L3. Representação conceitual analítica estruturada inclusiva (a e b).

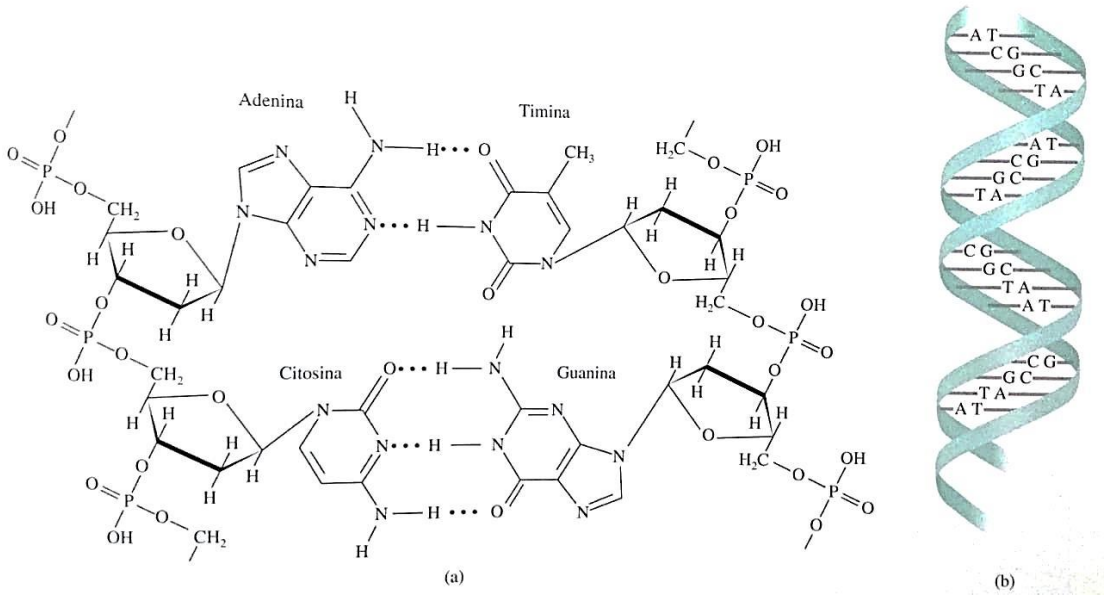


Fonte: Chang; Goldsby (2013).

As representações da estrutura do DNA (figura 14) mostram a coexistência dos dois processos conceituais analíticos, isto é, o **exaustivo** na parte [a] da figura e o **inclusivo** na parte [b]. Isto porque, enquanto a figura [a] não minimiza detalhes, deixando claro seu objetivo de mostrar toda a estrutura da dupla hélice do DNA, em que são apresentados todos os atributos possessivos (todas as estruturas das bases nitrogenadas emparelhadas por ligações de hidrogênio para formar a fita) do portador (DNA). Em contrapartida, a figura [b] não se

preocupa em ilustrar todos os atributos possessivos do portador, mas sim, exibir uma síntese do emparelhamento das bases nitrogenadas na formação da dupla hélice do DNA. Em suma, é como se a figura [b] pretendesse facilitar a compreensão do leitor, associando a estrutura complexa da [a] com a simplificada da [b], tendo em vista que um grande público consegue reconhecer ou já teve acesso a representação estrutural do "DNA".

Figura 14 - Imagem do livro L3. Representação conceitual analítica estruturada exaustiva (a) e analítica estruturada inclusiva (b).



Fonte: Chang; Goldsby (2013).

O terceiro processo classificado na função conceitual é o **simbólico.** Esse representa o significado do participante representado, ou seja, o **portador**. Quando há outros **participantes**, estes representam o significado ou a identidade do **portador** e são denominados de **atributos simbólicos**, que são conferidos ao **portador**. Os **atributos simbólicos** são objetos salientes, devido a seu tamanho exagerado, detalhamento, foco ou cor. Estas características fazem com que ele seja percebido como 'fora de lugar', isto é, não fazendo parte comum do cenário (figura 15). Quando o **atributo simbólico** é representado na figura de um ser humano, este não participa de ação, mas é representado como pousando para o leitor (KRESS; VAN LEEUWEN, 1996).

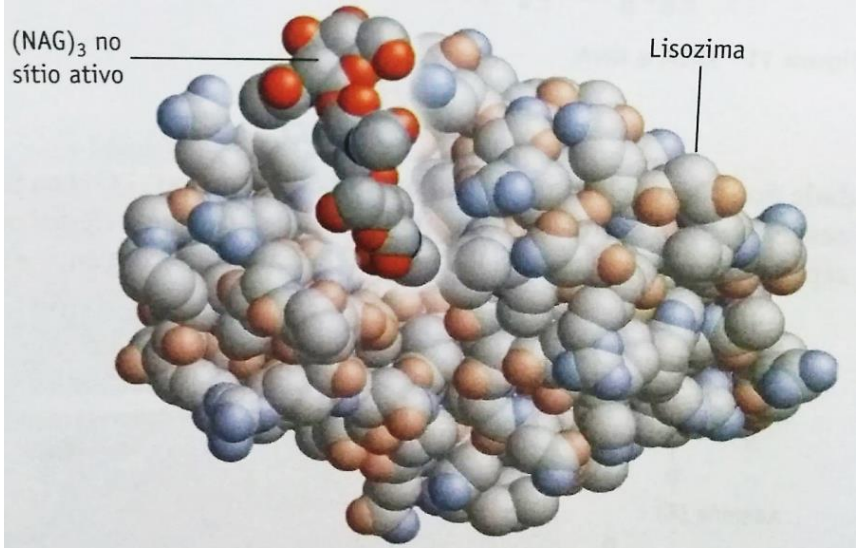
Porém, quando a imagem representa somente o **portador**, sua descrição costuma ser verbal e situada abaixo da imagem, e esse **participante** é denominado de **simbólico sugestivo** (figura 17), o qual representa o significado ou a identidade do **portador** como derivadas das qualidades do ser/objeto em si (KRESS; VAN LEEUWEN, 1996).

É comum encontrar representações conceituais simbólicas em fotografias, o que corrobora com os resultados. Apenas os tipos de representação fotografia (11) e estruturas moleculares em 3D (7) apresentaram imagens classificadas no processo conceitual simbólico.

Baptista (2013) diz que a dificuldade de abstração e de visualização tridimensional dos alunos sempre foi apontada, pelos professores, como um dos principais problemas no aprendizado de Química. Essa dificuldade dos alunos está relacionada com a limitação dos recursos que os professores tradicionalmente tiveram para representar os aspectos tridimensionais dos modelos conceituais: giz, lousa e retroprojetor. A recente informatização das universidades trouxe para a sala de aula o data-show e o computador, o que tornou possível a utilização de recursos hipermídia, entre eles, as animações/imagens em 3D. Se antes o aluno tinha dificuldade de imaginar o que o professor estava dizendo, ao mesmo tempo em que o professor não sabia o que o aluno estava imaginando, com as animações em 3D esse problema deixa de existir. As animações/imagens em 3D estimulam a capacidade de abstração dos alunos e facilitam a visualização tridimensional dos modelos conceituais, contribuindo, dessa forma, para que todos tenham o mesmo nível de aprendizado.

Na figura 15, identificamos uma enzima, mais especificamente, a lisozima com três moléculas de N-acetilglicosamina [$(NAG)_3$]. As enzimas são fundamentalmente importantes nos estudos bioquímicos, pois estas são catalizadores biológicos que por sua vez, aceleram diversas reações no organismo. Observando a figura, nota-se a representação de uma enzima e seus respectivos componentes (nomeação da enzima, do seu sítio ativo e da molécula ligada ao sítio ativo).

Figura 15 - Imagem do livro L4. Representação conceitual simbólica atributivo.



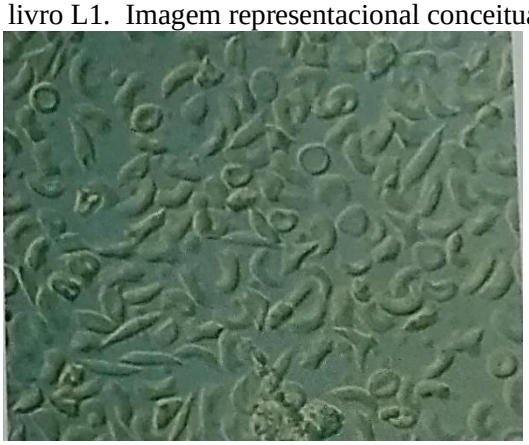
Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Nota-se que na imagem não há vetor, podendo-se inferir que o foco está no Portador (enzima Lisozima) e seus Atributos (sítio ativo e moléculas de $(NAG)_3$). É uma imagem que mostra elementos que fazem referência ao assunto apresentado no corpo do texto. Assim, é possível classificá-la na função **Representacional Conceitual Simbólica**, pois o portador possui atributos simbólicos. De acordo com Kress e van Leeuwen (2006) esses atributos são destacados na imagem através de margens iluminadas, aumento no tamanho, ou por serem "apontados" de alguma forma, e comumente estão convencionalmente associados a valores simbólicos.

Assim, identificamos como componentes dos **atributos simbólicos** a margem iluminada em torno da molécula de $(NAG)_3$ no sítio ativo da enzima, o aumento singelo no seu tamanho, bem como na nitidez e contraste nas cores dos átomos das moléculas, além de serem apontados e identificados (nomeados) na figura. Observa-se também, que as cores da enzima estão menos nítidas que as cores do ligante $[(NAG)_3]$ no sítio ativo, deixando-a em segundo plano, o que torna ainda mais centralizado o objetivo da informação, ou seja, apontar o ligante como objeto de mais importância na imagem.

Na figura 16, as células vermelhas falciformes no sangue são atributos simbólicos na imagem, se não fosse por elas, seria apenas uma representação de células vermelhas (normais) no sangue.

Figura 16 - Imagem do livro L1. Imagem representacional conceitual simbólica atributiva.



Fonte: Atkins; Jones (2006).

Já na figura 17, a legenda direciona a representação para o contexto das proteínas, especialmente na produzida pelas aranhas, para tanto, sem a legenda, o significado da imagem torna-se sugestivo, onde cabe ao leitor, atribuir o significado à imagem. Desse modo, temos uma representação **conceitual simbólica sugestiva**.

Figura 17 - Imagem do livro L1. Imagem representacional conceitual simbólica sugestiva.

Fonte: Atkins; Jones (2006).

O significado de uma mensagem se locupleta pela envergadura das diferentes modalidades semióticas, isto porque "o significado encontra-se distribuído por entre as diversas representações e não é abarcado por uma única" (JAIPAL, 2010, p. 50). Panaoura et al. (2007, p. 538) afirmam que "é da diversidade de representações que surge o significado dado a um objeto seja ele matemático ou qualquer objeto cultural".

A variabilidade dos sistemas representacionais e o trânsito entre eles são fundamentais para o entendimento conceitual e determinam, numa significante extensão, o que foi aprendido. Na medida em que cada representação de um conceito oferece informação sobre um traço peculiar dele, sem ser capaz de descrevê-lo completamente (PANAOURA et al., 2007), formas variadas de representação conseguem prover distintas inferências. Isto porque cada representação apresenta natureza diversa da outra e proporciona restrita capacidade de representação e descrição de aspectos diferentes do referente (PANAOURA et al., 2007). Cada sistema de representação encerra propriedades específicas que limitam suas possibilidades de representação. Treagust et al. (*apud* LEITES et al., 2008) comentam que se tem muitas formas de representar moléculas e átomos, cada uma delas é usada para destacar aspectos particulares do fato que se pretende explicar e nenhuma é universalmente aplicável. Os signos, de forma geral, não funcionam de maneira idêntica e nem proveem de um sistema único (BENVENISTE apud DUVAL, 2004), afinal toda representação é cognitivamente parcial em relação ao que representa e não apresenta idêntica maneira de ver um mesmo conteúdo conceitual. Consequentemente, cada sistema semiótico nos permite uma maneira distinta de significar sem que seja redundante (RADFORD, et al. 2007).

Segundo Ferreira e Arroio (2013), o uso de imagens no ensino de Química e a elaboração de significados específicos da linguagem da Ciência/Química não são um ato

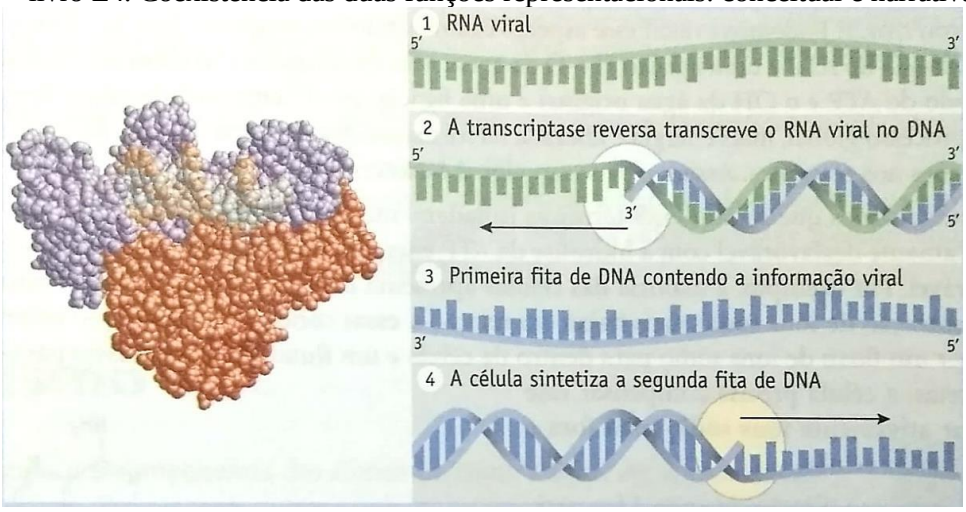
pedagógico simples, mas complexo, pois demandam mediação didática de signos para promover a interpretação ou atribuição de significados (ato de visualizar). É possível destacar também que os recursos imagéticos tendem a ser usados nas aulas de Química com uma preocupação maior a respeito dos efeitos externos das visualizações, do aumento de interesse e da atenção, e não sobre os efeitos internos da aprendizagem (FERREIRA; ARROIO, 2013).

Embora possamos classificar as imagens por seus processos mais evidentes, tomando como referência nosso contexto, é importante citarmos a advertência feita por Kress e van Leeuwen (2006) de que não se deve supor que seja possível reduzir a complexidade imagética a um único significado. Desse modo, se faz necessário enfatizar que cada imagem pode conter processos subjacentes ou secundários que permitem classificá-las ou interpretá-las de diferentes maneiras. De acordo com Albuquerque (2018, p. 48):

> Algumas imagens poderão apresentar elementos com atributos das três diferentes funções conceituais, mas na maioria dos casos o produtor da imagem destaca uma função em especial, de acordo com o seu interesse na construção de significados. Por outro lado, as convenções já estabelecidas na comunicação existente dentro de um grupo, provocam/demandam um perfil de representação para o que se quer comunicar.

De acordo com esse ponto de vista, foi que classificamos nove imagens (10,3%) como conceitual-narrativas. Isso porque enquanto parte da figura (geralmente indicadas por letras, ou seja, figura 1[a], 1[b], ou separados por linhas, margens, entre outros) ilustra um processo de ação (função representacional narrativa) a outra parte apresenta algo generalista, relativamente estável e atemporal (função representacional conceitual) (figura 18).

Figura 18 - Imagem retirada da sessão “Perspectivas em química: transcriptase reversa e AIDS” do livro L4. Coexistência das duas funções representacionais: conceitual e narrativa.



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Observa-se que o lado esquerdo da figura ilustra a enzima transcriptase reversa, na qual as respectivas subunidades estão diferenciadas por cores (vermelho e roxo) indicando um processo conceitual simbólico - atributivo simbólico. Por outro lado, na parte direita da figura, está indicado um processo de ação no qual a enzima está inserida. Apesar de não haver vetores (setas) indicando o curso da ação, os números 1, 2, 3, 4 no canto superior esquerdo seguido de uma descrição verbal indicam as etapas de um procedimento caracterizando um processo representacional narrativo transacional.

De acordo com o estudo realizado por Florek (2017, p. 2037):

> As representações conceituais também fazem parte de um complexo, pois em todos os casos de processos conceituais encontrados, há um processo narrativo subjacente (geralmente, marcado por vetores intraimagem - realizados por setas coloridas, pretas ou participantes que formam vetores) que direciona a compreensão de como a pesquisa resultou naquele conceito.

Assim, corroborando com as considerações de Florek (2017), a presença de vetores (de qualquer tipo) dentro do contexto de uma representação conceitual, pode resultar em uma nova conceitualização por parte do leitor, em que este pode enquadrar a imagem nas duas subcategorias da função representacional, tanto na narrativa quanto na conceitual, como é o caso dos exemplos supracitados neste trabalho.

Com a realização de análises como essa, no processo de produção/leitura de imagens, o professor – ou futuro professor – poderá reconhecer que a imagem, constituída por signos, representa algo ausente, comunica e provoca significações, portanto, a escolha criteriosa das imagens para o ensino é fundamental, especialmente quando o professor faz a utilização de recursos tecnológicos, como o uso de slides, que prioriza o uso de imagens representativas ao invés de texto. Bakhtin (2009) permite inferir, a partir de seus escritos, acerca da complexidade de se ensinar e avaliar a aprendizagem, da não linearidade de pensamentos e de linguagens que fazem parte do contexto escolar, tendo em vista a possibilidade de variações nos modos de interpretar, pensar, ler, ver e sentir distintas situações, concordando desse modo, com as variadas interpretações que os leitores podem construir em apenas uma imagem.

4.2.2 Função Interativa

Subdividida em quatro subcategorias (**contato**, **distância social**, **atitude** e **modalidade**), a **função interativa** estabelece “as relações que se criam entre os participantes representados e o observador, que olha a imagem do lado de fora” (THEISEN; LEFFA;

PINTO, 2014, p.110). Ou seja, dentro da imagem os participantes estabelecem uma relação entre si e com o leitor, diferentemente do que ocorre nas imagens que em a função Representacional é o foco, pois estabelecem relações apenas entre os seus participantes.

A fotografia dos novelos de fios (figura 19a), retirada do livro L1, ilustra que a seda de aranha artificial, produzida a granel, pode ser transformada em fios resistentes como o dos novelos. Já a fotografia do rótulo de um adoçante (figura 19b), retirada do livro L2, ilustra que o adoçante artificial aspartame é o éster metílico de um dipepitídeo.

Figura 19 - Exemplos de fotografias com relação de oferta. Presentes no livro L1 (a) e L2 (b).

(a) **(b)**

Fonte: Atkins; Jones (2006). Brown; LeMay; Bursten (2005).

Sem uma interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada **oferta** por Kress e van Leeuwen (2006) e predomina (em 77,77% de ocorrências) nas imagens analisadas nos livros de química geral, *corpus* desta pesquisa (tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Classificação das imagens por livro na subcategoria contato da função interativa.

Função Interativa (Contato)				
	Livro 1 (%)	**Livro 2 (%)**	**Livro 3 (%)**	**Livro 4 (%)**
Oferta	**62,5**	**100**	**100**	**85,71**
Demanda	**37,5**	**—**	**—**	**14,28**

Fonte: A autora (2019).

Tabela 4 - Classificação geral na subcategoria contato da função interativa

Classificação geral na função interativa - Contato	
Oferta (%)	**Demanda (%)**
77,77	**22,22**

Fonte: A autora (2019).

Portanto, a função desempenhada pelo participante interativo é de observador e o representado como contribuição para visualidade do conteúdo retratado. Quando se estabelece interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada **demanda** (22,22% de ocorrência nas imagens) por Kress e van Leeuwen (2006). As fotografias (Figura 20), retirada do livro L1, é um exemplo em que ocorre a interação entre o participante representado e o participante interativo (espectador).

Figura 20 - Exemplos de fotografias com relação de demanda. Ambas do livro L1.

(a) **(b)**

Fonte: Atkins; Jones (2006).

A interação é indicada na legenda das fotografias através dos respectivos questionamentos levantados na figura 20a: *grupo heme da hemoglobina está próximo da superfície ou no centro da proteína?* (ATKINS; JONES, 2006) e na figura 20b: *Será que as moléculas do amido se enrolam umas nas outras ou elas formam longas cadeias estendidas?* (ibid.). Assim, observamos que o participante representado requer algo do participante interativo.

A segunda subcategoria analisada é denominada de **distância social** e estabelece interação entre o participante representado e o participante interativo, no entanto, esta determina o grau de envolvimento entre esses participantes, podendo variar entre **plano fechado, plano médio** e **plano aberto**. A tabela 5 demonstra uma distribuição de ocorrências desses três planos nas imagens. Percebemos assim, em menor proporção o plano médio (16,66% de ocorrência) e a predominância do plano fechado (com 83,33% de ocorrência), indicativo de que o foco recai sobre o participante representado.

Tabela 5 - Classificação geral na subcategoria distância social da função interativa.

Classificação geral na função interativa – Distância Social		
Plano Fechado (%)	**Plano Médio (%)**	**Plano Aberto (%)**
83,33	**16,66**	**—**

Fonte: A autora (2019).

A fotografia dos novelos de fios (figura 19a), retirada do livro L1, ilustra que a seda de aranha artificial, produzida a granel, pode ser transformada em fios resistentes como o dos novelos, como já mencionado anteriormente. Podemos observar detalhes na imagem como o brilho dos fios e estimar a espessura fina deles, que em outra distância não seria possível visualizar, além disso, o fundo é liso fazendo com que o foco fique tão somente nos novelos dos fios e suas características, caracterizando assim a ocorrência de plano fechado.

A fotografia da aranha na teia (figura 17), também retirada do livro LI, faz referencia a proteína produzida pelas aranhas para fazer uma teia a qual é uma forma de seda que pode ser excepcionalmente forte. Essa imagem, carateriza a ocorrência do plano medio, pois é possível identificar a teia e a aranha em primeiro plano e o habitat da espécie desfocado em segundo plano (fundo verde assemelhando-se à arvores), é como se o produtor da imagem estivesse em uma distância necessária para apresentar não apenas a teia, mas também a aranha e o seu habitat, sem permitir que o foco da imagem seja desviado.

É válido acrescentar que para Perales e Jiménez (2002) a imagem se caracteriza por sua polissemia, de modo que é muito difícil prever a interpretação que uma pessoa terá dessa ilustração. Nessa perspectiva "a imagem fotográfica por ser ambígua por natureza, gera possibilidades de diversas interpretações, quando utilizada em mídias de comunicação, deve estar acompanhada de títulos, legendas ou de algum outro tipo de identificação" (RODRIGUES, 2007, p. 72).

Na subcategoria **Atitude** observou-se a predominância do ângulo horizontal (100% de ocorrências) e a ausência de imagens com relações de poder, característico do ângulo vertical (tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Classificação das imagens por livro na subcategoria atitude da função interativa.

Função Interativa (Atitude)				
	Livro 1 (%)	**Livro 2 (%)**	**Livro 3 (%)**	**Livro 4 (%)**
Ângulo Horizontal	**100**	**100**	**100**	**100**
Ângulo Vertical	**—**	**—**	**—**	**—**

Fonte: A autora (2019).

Tabela 7 - Classificação geral na subcategoria atitude da função interativa

Classificação geral na função interativa – Atitude	
Ângulo Horizontal (%)	**Ângulo Vertical (%)**
100	**—**

Fonte: A autora (2019).

A Análise do ângulo horizontal também pode ser um argumento a favor do efeito de identificação de que a imagem pode causar, predomina o ângulo frontal, com percentual de 100% de ocorrência (tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Classificação das imagens por livro na subcategoria atitude-ângulo horizontal da função interativa

Atitude – Ângulo Horizontal				
	Livro 1 (%)	**Livro 2 (%)**	**Livro 3 (%)**	**Livro 4 (%)**
Frontal	**100**	**100**	**100**	**100**
Oblíquo	**—**	**—**	**—**	**—**

Fonte: A autora (2019).

Tabela 9 - Classificação geral na subcategoria atitude-ângulo horizontal da função interativa.

Classificação geral na função interativa – Atitude (Ângulo horizontal)	
Frontal (%)	**Oblíquo (%)**
100	**—**

Fonte: A autora (2019).

O emprego do ângulo frontal, dando ideia de familiaridade, pode ser entendido como uma atenção para observação e um convite ao leitor para adentrar no mundo da ciência química.

O uso de imagens também relaciona-se à **modalidade**, quarta subcategoria da função interativa. Segundo Kress e van Leeuwen (2006, p.155), "a modalidade é interpessoal, pois diz respeito ao compartilhamento de verdades entre os participantes da interação e depende do que é considerado real para o grupo social para o qual a imagem está direcionada".

Em todos os livros analisados na maioria das imagens é adotada a orientação tecnológica (79,31%) (tabela 10 e 11). Kress e van Leeuwen (2006) especificam que nessa orientação a representação visual se dá por meio de esquemas, podendo servir de modelo ou guia de ações, sob baixa modalidade. Classificação adequada para o grande número de imagens com estruturas moleculares, fórmulas químicas, diagramas, entre outros, muito presente nos livros de química.

Tabela 10 - Classificação das imagens por livro na subcategoria modalidade da função interativa

Função Interativa (Modalidade)				
	Livro 1 (%)	**Livro 2 (%)**	**Livro 3 (%)**	**Livro 4 (%)**
Tecnológico	**47,37**	**88,23**	**84,21**	**90,62**
Sensorial	**—**	**—**	**—**	**—**
Abstrato	**26,31**	**5,88**	**10,53**	**6,25**
Naturalístico	**26,31**	**5,88**	**5,26**	**3,12**

Fonte: A autora (2019).

Tabela 11 - Classificação geral na subcategoria modalidade da função interativa

Classificação geral na função interativa – Modalidade			
Tecnológico (%)	**Sensorial (%)**	**Abstrato (%)**	**Naturalístico (%)**
79,31	**—**	**11,49**	**9,19**

Fonte: A autora (2019).

Em seguida, as imagens de orientação abstrata (11,49%), caracterizada por ser mais voltada para a arte, e que busca despertar no leitor a essência profunda daquilo que ela retrata, a exemplo de estruturas químicas em 3D (ex.: figuras 15, 18 e 20a). E naturalística (9,19%), que funciona intencionalmente para diminuir a distância entre o conteúdo científico e o estudante, trazendo para os livros, fotografias que aproximem o dia a dia do estudante ao fenômeno científico (ex.: figura 17 e 19a).

Assim, no que se refere à função interativa, Albuquerque (2018, p. 72), afirma que:

> Estas análises mostram que a maneira como a imagem é produzida representa códigos visuais com diferentes significados e estabelecem tipos variados de interação entre o leitor, o produtor e os participantes da imagem. Desta forma, a intenção do autor pode ser interpretada e o leitor poderá interagir também com ele não mais limitando-se ao significado da imagem, mas compreendendo o objetivo do produtor da imagem.

Por outro lado, todo aquele que realiza uma interpretação acha um caminho diferente para o significado (LEMKE, 2003). Por isso, os indivíduos não interpretam um texto de maneira semelhante, visto que partem de diferentes condições iniciais de conhecimentos, experiências e habilidades.

4.2.3 Função Composicional

A terceira função proposta por Kress e Van Leeuwen (2006) é a **Função Composicional**. Esta combina estruturas visuais de significados representacionais e interativos, resultando no significado geral. O sistema composicional integra em sua estrutura três significados básicos: a) **valor da informação**; b) **saliência**; e c) **enquadramento** (KRESS e van LEEUWEN, 2006).

Os elementos integrados resultantes dessa combinação criam sua hierarquia e equilíbrio em textos espacialmente integrados coerente com seus modos específicos para significar seus sentidos.

Assim, selecionamos algumas imagens para uma breve análise dos sistemas funcionais como um todo integrado, analisando como ocorre a relação entre as três funções: representacional, interativa e composicional.

Integrando as três funções supracitadas, a fotografia já apresentada na figura 17 (figura 21) poderá ser abordada:

Figura 21 - Fotografia para análise integrada das três funções. Imagem retirada do livro L1.

Fonte: Atkins; Jones (2006).

a) em termos representacionais temos um processo conceitual simbólico, representando o significado do participante representado. O significado costuma ser representado verbalmente na forma de legenda: “A proteína produzida pelas aranhas para fazer uma teia é uma forma de seda que pode ser excepcionalmente forte”. (ATKINS; JONES, 2006, p. 808). O simbólico desta imagem permite que seu significado alcance sujeitos para além da área de conhecimento da química, pois atua como uma conversão universal;

b) na perspectiva interativa, a fotografia não privilegia a relação do leitor em contato com os participantes representados, sendo uma relação de oferta (os atributos da imagem não exigem nada do leitor, apenas apresenta itens de contemplação), em um plano médio (onde podemos vislumbrar todo participante representado com contextualização média), captado através de um ângulo horizontal frontal;

c) e, no que se refere ao sistema composicional: a forma como esses elementos visuais são integrados para significar o todo: a posição centro/margem dos elementos realiza a significação em termos de informação essencial (aranha e teia); os valores de informação dado/novo e a relação topo/base (ideal/real), não apresentam características marcantes na imagem; o fundo desfocado na imagem dá destaque aos elementos principais da composição, isto é, coloca a aranha e a teia em primeiro plano e confere uma saliência às mesmas.

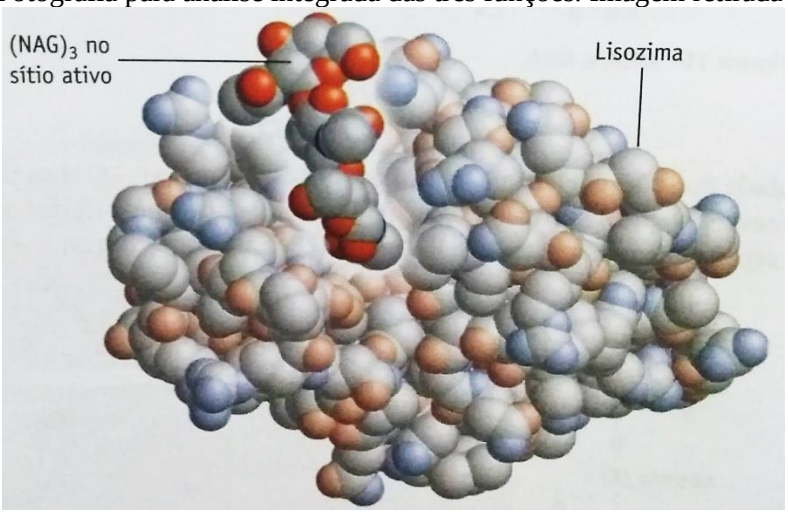
Na fotografia já apresentada na figura 15 (figura 22), a integração das três funções poderá ser abordada:

a) em termos representacionais podemos destacar um processo conceitual simbólico, pois o portador possui atributos simbólicos (margem iluminada, aumento no tamanho e a nitidez das cores da molécula de $(NAG)_3$) o que confere significado à imagem. O simbólico dessa imagem confere um significado restrito, isto é, está mais voltado para sujeitos adeptos ao conhecimento químico;

b) do ponto de vista interacional, a imagem não privilegia a relação do leitor em contato com os participantes representados, sendo uma relação de oferta (contemplação) em um plano fechado (pouco contextualizado, o foco é apenas o participante), captado através de uma ângulo horizontal frontal, sem estabelecer relações de poder com o participante interativo (leitor);

c) e, no que concerne ao sistema composicional: a relação topo/base (ideal/real), expressa o objeto idealizado (molécula de $(NAG)_3$ no sítio ativo da enzima); os elementos mais salientes, a molécula no sítio ativo, que saltam aos olhos através das cores, foco, ângulo e margens iluminadas constituem um enquadramento conectado entre esses elementos.

Figura 22 - Fotografia para análise integrada das três funções. Imagem retirada do livro L4.



Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2014).

Podemos ver que a análise multimodal é composta de uma complexa gama de classificações e que as imagens, dentro desse contexto, podem apresentar significados, que por vezes, não são compreendidos pelo leitor, isto é, o produtor deve ter um cuidado considerável ao produzir a imagem para a mensagem nela contida seja transmitida de forma eficaz para o leitor. Além disso, o leitor também deve conhecer e ser capaz de realizar reflexões críticas sobre a imagem por ele visualizada.

É nesse ponto que entra a importância de se conhecer a multimodalidade na Educação em Ciências, tanto por parte do produtor quanto por parte do leitor, e dessa forma

gerar esse diálogo entre as duas dimensões de modo que ambas as partes tornem-se sujeitos atuantes e críticos tanto na produção quanto na análise.

Assim, Laburú e Silva (2011, p. 723), ressaltam que:

> Dentre as linhas de pesquisa em educação científica, o referencial da multimodalidade representacional e múltiplas representações vem concentrando esforços para compreender e estimular a elaboração dos significados dos conceitos científicos pelos estudantes. Pesquisadores que investigam essa linha reconhecem que as disciplinas científicas são um histórico caminhar em direção ao desenvolvimento e integração de variadas formas discursivas, e que diferentes modos de representação servem a diferentes propósitos de pensamento e do inquirir científico. Por implicação, os estudantes deveriam aprender a respeito de cada forma de representação utilizada pela ciência, além de saber convertê-las e coordená-las dentro de um discurso consistente.

Os pesquisadores, igualmente, estão de acordo com o fato de que, se os aprendizes não conseguem ao menos representar seus entendimentos em diversos modos, dificilmente seus conhecimentos se tornam suficientemente robustos e duráveis; mas, por outro lado, se os mesmos conceitos forem estimulados em variados modos e formas de representação, tal ação contribui para a ocorrência de apropriações conceituais mais profundas e permanentes (WALPRID; PRAIN; CAROLAN, 2010). Mas para que haja profundidade dos significados, diferentes representações dos conceitos e processos científicos devem ser trabalhadas, e os estudantes devem ser capazes de transitar de maneira coordenada entre as representações envolvidas com o conhecimento científico.

Construir, ler e principalmente compreender diferentes representações supõe um importante desafio cognitivo, que demanda pôr em prática uma série de operações de abstração relacionadas principalmente com a representação de espaço e o estabelecimento de relações entre o referente e o representante, que devem permitir, a quem interprete e a quem construa a informação gráfica, reconstruir significados (ROLDÁN; VAZQUEZ; RIVAROSA, 2009) e dentre todas essas afirmações o registro fotográfico ou imagético se apresenta como uma das possíveis estratégias para o uso destes sistemas de expressão, pois é um meio que o indivíduo dispõe para exteriorizar suas representações mentais (DUVAL, 2009), ou seja, é um mecanismo auxiliar pelo qual estudantes podem complementar a compreensão do conteúdo temático escrito pelo uso da forma gráfica.

Uma das necessidades de analisar o discurso imagético presente nos materiais didáticos, disponibilizados para o ensino, vem do fato de que, para Fairclough (2001, p. 95), “diferentes tipos de discurso em diferentes domínios ou ambientes institucionais podem vir a ser ‘investidos’ política e ideologicamente (...) de formas particulares”, ou seja, as imagens,

por mais simples que sejam, compreendem indícios, rastros, ou mesmo explicitações de relações de poder entre as editoras, os elaboradores do livro, o professor e o aluno. Além disso, a análise de livros (no que diz respeito as imagens) tem sido relevante, pelo seu recorrente papel como recurso pedagógico em qualquer sala de aula. Nascimento e Rezende Junior (2010) entendem que os livros, entre os textos escritos, é aquele que se encontra mais presente na sala de aula de Ciências e, no contexto da educação brasileira, é visto como fonte de conhecimento dos saberes para os alunos; tanto pelo uso como por meio da aula elaborada pelo professor, com base no conteúdo do livro. Logo, é de suma importância que o leitor/professor selecione um material (livro) de qualidade, que ofereça um referencial sólido e informações confiáveis.

Nesse viés, de acordo com tudo o que relatamos até aqui, é notório que o uso de imagens no ensino, especialmente no ensino de química é de muita relevância, considerando as especificidades (ex.: inviabilidade de realização prática de reações que oferecem risco) e o grau de abstração (ex.: necessidade de modelos para representar o que acontece no mundo submicroscópico) da área. Desse modo, o professor poderá utilizar-se de imagens (presente nos livros ou em outras fontes de busca) para exemplificar ou abordar praticamente todos os conteúdos, pois elas são de fato parte de como nós experimentamos, aprendemos e conhecemos os fenômenos, assim como parte da forma como comunicamos e representamos o conhecimento (PINK, 2013).

Para tanto, é necessário cautela na escolha das imagens, pois já observamos que “dentro” de uma imagem pode haver elementos favoráveis ou desfavoráveis para a compreensão, gerando, em alguns casos, confusão por parte do leitor. Assim, o professor que escolhe uma representação conceitual ou narrativa, por exemplo, deverá, antes de qualquer coisa, ter em mente o seu objeto, seja ele abordar as caraterísticas de algo ou o curso de uma ação/reação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Superar a abstração dos conceitos e explicações científicas feitas tradicionalmente de maneira monomodal é considerado um dos grandes desafios enfrentados pelos professores; por isso, o Ensino de Ciências é entendido, atualmente, como intrinsecamente visual. Nesse sentido, a literatura da área propõe recursos didáticos, como: uso de objetos, de analogias, de experimentos, de imagens e de textos, os quais visam potencializar a aprendizagem científica.

As ponderações retiradas do referencial da multimodalidade e múltiplas representações trazem novos argumentos a favor da importância instrucional de se promover o ensino de ciências com inclusão de atividades que promovam a leitura de imagens como meio de promoção da pluralidade semiótica para interiorizar e consolidar conceitos científicos.

Assim, este estudo somente se baseou nas imagens que constituem o ensino de Bioquímica em quatro livros de Química Geral, sendo, portanto, limitado para um universo tão grande no que concerne aos estudos das imagens em contexto escolar, embora não deixamos de discutir a potencialidade desses dispositivos que registram fotografias, presente no cotidiano de todos nós, independente de sermos professores/estudantes.

O estudo aqui realizado permitiu, no entanto, uma análise e possibilitou uma observação quanto à necessidade de potencializar o uso/leitura das imagens fotográficas como recurso para a compreensão do conhecimento químico.

Os resultados acenam que os livros de química geral valorizam o uso de imagens para representar seus conceitos, neste caso, podemos falar com mais propriedade sobre o que se refere aos conteúdos de Bioquímica. Nosso estudo apontou:

- Nos livros L2, L3 e L4 há uma predominância de imagens do tipo “Fórmula química estrutural, condensada, bastão ou traços e molecular”, em relação aos demais tipos. Já no livro L1, a categoria “Estruturas moleculares em 3D (bola-vareta, fita, animações)” destacou-se por ter o maior número de imagens; categorias essas que, no geral, corroboram com o que frequentemente é apresentado nos livros de química, ou seja, representações ou modelos destinados a explicar o funcionamento do que vemos no nível macroscópico (JHONSTONE, 1993; 2000), mas que consequentemente está presente ou acontecendo no nível submicroscópico (JHONSTONE, 1993; 2000), imperceptíveis pelos nossos sentidos.

- No total o corpus é formado por 87 imagens, sendo 19 imagens (21,83%) procedentes do livro L1, 17 (19,54%) do L2, 19 (21,83%) do L3 e 32 (36,78%) do L4.

- O número de imagens retiradas de cada livro apresentou uma certa equivalência, exceto o livro L4, que ilustrou o maior número de imagens em relação aos outros livros.

- Observou-se a predominância de imagens representacionais, em todos os livros, com uma concentração maior de imagens conceituais em relação às narrativas. O L1 apresentou 17 (19,54%) imagens conceituais e 1 (1,14%) imagem narrativa; o L2, 16 (18,39%) imagens conceituais e 1 (1,14%) imagem narrativa; o L3, 15 (17,24%) imagens conceituais e 3 (3,44%) imagens narrativas; e o L4, 24 (27,58%) imagens conceituais e 1 (1,14) imagem narrativa. Apesar das imagens narrativas (em sua essência) serem mais propensas aos livros de química, devido a grande presença de reações químicas e consequentemente, de vetores, as imagens conceituais se sobressaíram, isto porque nos livros analisados priorizou-se imagens de cunho exemplificativo, demonstrativo, ilustrativo, todos de modo estático que apresentam determinado significado, classe, estrutura apresentados no corpo do texto ou tópico. Além disso, algumas dessas imagens conectavam a presença/aplicação do conteúdo químico com o cotidiano, talvez com a intenção de desmistificar a "química como uma ciência alheia à sociedade, repleta de equações, reações" e apresenta-la como parte importante e que integra de forma direta o nosso cotidiano, fato que, sem dúvidas, deve ser incorporado pelos produtores de novas imagens e livros. Os conteúdos devem vir acompanhados de imagens (especialmente as fotográficas, neste caso) para que o leitor, do especialista ao leigo, possa compreender a importância e necessidade de estudar aquele conteúdo ao associa-lo com suas aplicações no dia-a-dia. É como se ajudasse a responder a pergunta de muitos estudantes: "para que eu preciso estudar isso?".

- As imagens conceituais analíticas foram mais frequentes em relação às classificatórias e simbólicas. As relações parte/todo são muito frequentes na química, devido a presença de estruturas, fórmulas químicas que em si já caracterizam essa relação (como por exemplo as indicações dos átomos em uma estrutura ou a indicação das bases nitrogenadas do DNA formando uma hélice; e consideramos isso porquê a indicação de cada uma dessas regiões já fazem referência as partes do todo). É inegável que esse tipo de imagem contribui para a compressão da essência de um objeto/participante representado, pois indica as partes desse objeto, limitando-se ao que o texto escrito necessita para consolidar sua explicação. A apresentação dessas imagens é de suma importância, pois, na maioria dos casos, ela catalisa a compreensão do leitor. Uma coisa é ler uma lista de átomos e ligações químicas de uma estrutura química em um texto corrido; outra é visualizar uma imagem com a estrutura química desenhada e seus átomos e ligações representados; e outra é conectar os dois: texto escrito e representação.

- No geral, nos quatro livros de química geral, identificamos 87 imagens (todas) classificadas na função representacional conceitual (72 imagens – 82,7%), narrativa (06 imagens – 6,9%) e "conceitual-narrativa" (09 imagens – 10,3%).

- Algumas imagens apresentaram uma interação entre os participantes representado e interativo. Sem uma interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada "Oferta" por Kress e van Leeuwen (2006) e predomina em 77,77% de ocorrências. Quando se estabelece interação entre quem vê e o que é mostrado, a imagem é denominada "Demanda", perfazendo um total de 22,22% de ocorrência nas imagens. Já era relativamente esperado que as imagens apresentassem caráter de oferta, pois trata-se de representações químicas, de objetos, entre outros, que não requerem nada do leitor, priorizam a exemplificação, explicação, ofertar algo e não exigir, solicitar, buscar se relacionar com o leitor. Fato muito presente na maioria das representações químicas.

- Nas imagens em que observamos interação, também há um grau de envolvimento entre os participantes em maior proporção sob um plano fechado (83,33% de ocorrências) e plano médio (16,66% de ocorrências). Não há relações de poder nas imagens, indicando a predominância do ângulo horizontal, as quais estão todas sob um ângulo frontal. Nessa pequena parcela, a interação de demanda não foi identificada na imagem propriamente dita mas sim na legenda, em que o autor buscou interagir com leitor chamando-o para responder um questionamento dobre a imagem.

- Quanto a modalidade, na maioria das imagens é adotada a orientação tecnológica (79,31%), seguida da abstrata (11,49%) e naturalística (9,19%). Tendo ciência de que na química há uma grande presença de esquemas, fórmulas, modelos, podemos justificar esses resultados em relação as orientações da modalidade.

- Ressaltamos que todas as imagens fotográficas do nosso corpus de análise apresentam a identificação do autor/banco de imagens, respeitando os preceitos éticos dos direitos autorais, na forma da Lei nº 9.610/98 (BRASIL, 1988).

Os estudos da multimodalidade, ao refletirem sobre os discursos que articulam diferentes modos semióticos, oferecem aportes significativos para a compreensão desse processo. Desta forma, consideramos que a ampliação da discussão sobre as representações em livros de química, não só nos de química geral, mas também nos das outras áreas, na perspectiva dos estudos de Gunther Kress, Theo Van Leeuwen, entre outros, pode ajudar na construção de uma crítica mais qualificada das produções contemporâneas de representações tanto para o nível médio quanto para o superior, bem como oferecer subsídios para o desenvolvimento de estudos no campo da formação de leitores, mediadores de ciências (em

especial a química) no Brasil. De nossa parte, o fato de olhar para a "linguagem química" a partir do viés da multimodalidade tem sido extremamente proveitoso e enriquecedor, pois nos provê de meios para explorar e conhecer mais sobre as formas de representação (que não podem ser aleatórias ou sem sentido), os seus respetivos papéis e a difícil tarefa do produtor da imagem, bem como do leitor, conseguir obter uma finalidade, intencionalidade ou significado mútuo e unificado em determinada representação. Em outras palavras, se ler uma imagem já não é uma tarefa fácil, produzir uma, é menos ainda.

Contudo, é consensual que as imagens contribuem no processo de ensino-aprendizagem. Na ausência de atividades experimentais, por exemplo, as imagens se tornam um recurso visual de evocação e problematização para elaboração dos conceitos científicos.

Defendemos a aprendizagem da química por meio da imagem, todavia elas apresentam limitações, pois compreendem o nível macroscópico (no caso das fotografias) do conhecimento químico, caracterizado pela percepção das evidências, que indicam a ocorrência dos fenômenos, um caminho para o contato com os aspectos microscópicos (atômico-molecular) desta ciência.

O estudo do imperceptível é um grande obstáculo para a aprendizagem da química e nele consiste o seu maior desafio, pois, a depender da abordagem, os significados podem ser compreendidos de formas diferentes de leitor para leitor. Assim, apesar de termos observado que os livros de química geral fazem uso da multimodalidade, para serem utilizados no Ensino de Ciências de modo que os alunos se beneficiem das imagens, esses textos dependem da mediação/orientação dos professores, dos quais a habilidade de leitura multimodal é demandada como conhecimento prévio. Entretanto, sabe-se que grande parte dos professores ainda não está acostumada à leitura multimodal, o que torna tais recursos de uso limitado.

Logo, o grande desafio parece estar na forma de abordagem e integração dos níveis do conhecimento químico, macroscópico, atômico-molecular e simbólico (JHONSTONE, 1993; 2000), de modo a aproximar da realidade do estudante. Acreditamos que as imagens podem suscitar abordagens pedagógicas que integrem as dimensões do conhecimento químico.

Diante de tudo, é possível concluir que o processo de leitura da imagem e um pouco de conhecimento da linguagem imagética se faz necessário para preparar adequadamente os professores (em formação e formados) para compreenderem as imagens fotográficas dentro do contexto de ensino, como um texto visual organizado com uma gramática, que necessita de uma leitura criteriosa.

Assim, para viabilizar, em sala de aula, a elaboração de conceitos científicos a partir das imagens, pressupõe-se que o professor já tenha adquirido habilidades para avaliar/selecionar imagens, pensando em seu uso pedagógico.

Com isso, pretendemos, não só legitimar a eficácia dos recursos multimodais como facilitadores do Ensino de Química, mas também dar início às ações que julgamos necessárias para o aprimoramento dos professores em leitura multimodal; ainda que, num primeiro momento, saibamos que nossas ações resultem em melhoria somente em uma esfera de ação imediata, consideramos de extrema importância dar início a essas ações e, assim, motivar outros a ações similares.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. C. **Uma imagem vale mais com mil palavras**: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7412. Acesso em: 10 fev. 2019.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios da Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 15. ed., São Paulo: Hucitec, 2009.

BAPTISTA, M. M. **Desenvolvimento e utilização de animações em 3D no ensino de química**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Química Campinas, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2013. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/249098/1/Baptista_ManuelMoreira_D.pdf. Acesso em: 23 jan. 2019.

BRANSFORD, J. D.; JOHNSON, M. K. Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. **Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior**, v. 11, n. 6, p. 717-726, 1972. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022537172800069. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRANSFORD, J.D. **Human cognition:** Learning, understanding, and remembering. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co, 1979.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares nacionais para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

BROWN, Theodore L.; H. LeMAY, Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química**: a ciência central. 9.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRUNER, J. **Acción, pensamiento y lenguaje**. Madrid: Alianza Editorial. 1998.

CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth. **Química**. 11.ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

COSTA, V. (2008). Representações sociais e semiótica: um território em comum?. **Caligrama (São Paulo. Online) – Portal de Revistas da USP**. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/caligrama/article/view/67286/69896. Acesso em: 06 fev. 2019.

DIAS, Luciene da Silva. **A seção Ciência no Estado de Minas e na Folha de S. Paulo:** um estudo comparativo sob a ótica da Análise do Discurso da Divulgação Científica e da Gramática do Design Visual. 2011. Dissertação (Mestrado em Letras) - Universidade Federal

de Viçosa, Viçosa, MG, 2011. Disponível em: https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4835. Acesso em: 10 fev. 2019.

DIAZ, L.; PANDIELLA, S. Categorización de las ilustraciones presentes en libros de texto de Tecnología. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n.2, p. 424-441, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART11_Vol6_N2.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

DIÉGUEZ, J.L.R. **Las funciones de la imagen en la enseñanza.** Barcelona: Gustavo Gili, 1978.

DUARTE, V. **Textos multimodais e letramento:** habilidades na leitura de gráficos da folha de São Paulo por um grupo de alunos do ensino médio. 2008. 219 p. Dissertação (Pós-graduação em Estudos Linguísticos). Faculdade de Letras, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ARCO-7FVRTQ. Acesso em: 22 fev. 2019.

DUVAL, R. Registros de Representações Semióticas e Funcionamento Cognitivo da Compreensão em Matemática. *In:* Alcântara Machado, Silvia D. (Ed.). **REVEMAT – Revista Eletrônica de Aprendizagem em Matemática**. 4 ed. São Paulo: Papirus, 2009. p.11-34. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2012v7n2p266/0. Acesso em: 10 fev. 2019.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía, 2004.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano**: registros semióticos e aprendizagens intelectuais. São Paulo: Livraria da Física, 2009. (Coleção Contexto da Ciência)

FAIRCLOUGH, N. **Language and power**. London: Longman, 1989.

FERREIRA, C.R.; ARROIO, A. Visualizações no ensino de Química: concepções de professores em formação inicial. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_3/09-PE-32-12.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana C. de Oliveira. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Tradução de: Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FLOREK, Cristiane Salete. Organização retórica do resumo acadêmico gráfico: um gênero acadêmico multimodal. **Revista de Estudos da Linguagem**, Belo Horizonte, v. 25, n. 4, p. 2293-2327, 2017. Disponível em: http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/relin/article/view/11107. Acesso em: 23 jan. 2019.

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

19-26, fev. 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/04-RSA-87-10.pdf. Acesso em: 22 jan. 2019.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de Ciências**: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Unijuí, 2008.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber**: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

HALLIDAY, Michael A.K. **An Introduction to functional grammar**. Revised by Christian Matthiessen. 3 ed. London: Arnold, 2004.

HARISSOM, Claire. Visual semiotics: understanding how still images make meaning. **Technical Communication**, v. 50, n. 1, p. 46-60, 2003. Disponível em: http://stc.uws.edu.au/popcomm/assets/week12_harrison.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

JAIPAL, K. Meaning making through multiple modalities in a biology classroom: a multimodal semiotics discourse analysis. **Science Education**, Hoboken, v. 94, n. 1, p. 48-72, 2010. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.20359. Acesso em: 12 mar. 2019.

JEWITT, C.; KRESS, G. R. **Multimodal Literacie**. New York: Peter Lang, 2003.

JOHNSTONE, A.H. Chemical education research: where from here?. **University Chemistry Education,** v.4, n.1, p.34-38, 2000. Disponível em: https://www.physics.utoronto.ca/~key/PHY1600/PER%20Papers/Chemical%20Education%20Research.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

JOHNSTONE, A.H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000. Disponível em: http://www.chem.uoi.gr/cerp/2000_January/pdf/056johnstonef.pdf. Acesso em: 15 mar. 2019.

JOHNSTONE, A.H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, v.70, n.9, p.701-705, 1993. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed070p701. Acesso em: 03 abr. 2019.

KOSSOY, B. **Os tempos da fotografia:** o efêmero e o perpetuo. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2007.

KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul M.; WEAVER, Gabriela C. **Química Geral e reações químicas**. v.1. 6.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN. **Reading images:** the grammar of visual design. London; New York: Routledge, 2006.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN. **Reading images:** the grammar of visual design. London; New York: Routledge, 1996.

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura da. O Laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência e Educação**. v. 17, n. 3, p.

721-734, 2011. Disponível em: http://www.redalyc.org/pdf/2510/251019937013.pdf. Acesso em: 23 jan. 2019.

LEFEBVRE, H. (1983). **La presencia y La Ausencia**: contribuición a la teoria de las representaciones. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1983.

LEITES, L. M.; BERNARROCH, B. A.; PERALES, F. J. P. Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 26, n. 2, p. 153-176, 2008. Disponível em: https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/118091. Acesso em: 12 jan. 2019.

LEMKE, J. L. **Teaching all the languages of science**: words, symbols, images, and actions. Disponível em: http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm. Acesso em: 18 fev. 2019.

LOVATO, C. dos S. Análise das imagens em notícias de popularização científica. **Travessias**, v.4, n.3, 2010. Disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/4309/3516. Acesso em: 15 fev. 2019

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em Educação**: Abordagens Qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, Isabel et al. Uma análise das imagens nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental. *In.:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 4. 2003., Bauru, São Paulo. **Anais** [...], 2003. Disponível em: http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL177.pdf. Acesso em: 12 fev. 2019.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. e ROMANELLI, L.I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1482. Acesso em: 23 jan. 2019.

NATIVIDADE; PIMENTA , S. A semiótica social e a multimodalidade. *In*: PIMENTA, S.; AZEVEDO, A.; LIMA, C. **Incursões semióticas:** teoria e prática de GSF, multimodalidade, semiótica social e ACD. Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2009.

PANAOURA, I. E.; ERACLEOUS, A.; GAGATIS, A. Relations between secondary pupils' conceptions about functions and problem solving in different representations. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 533-556, 2007. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-006-9054-7. Acesso em: 12 mar. 2019.

PAIVIO, A. Imagery and verbal processes. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1971.

PAIVIO, A. Mental representations: A dual-coding approach. New York: Oxford University Press, p. 322, 1986.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **RBECT -Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia.** Paraná, n. 4, 121-134, set-dez. 2014. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1366. Acesso em: 15 mar. 2019.

PEIRCE, C.S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PERALES, F.J.; J. JIMÉNEZ. Las ilustraciones en La enseñanza aprendizaje de las ciencias. Análisis de los libros de texto. **Enseñanza de lãs Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 369 - 383, 2002. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/13268068.pdf. Acesso em: 15 mar. 2019.

PINK, S. **Doing Visual Ethnography**. 3. ed. Australia: Sage Publications Ltda, 248 p, 2013.

QUEIROZ, A. S. **Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento a capacidade de visualização**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FAEC-83UP6K. Acesso em: 12 fev. 2019.

RADFORD, L.; BARDINI, C.; SABENA, C. Perceiving the general: the multisemiotic dimension of student's algebraic activity. **Journal for Research in Mathematics Education**, Reston, v. 38, n. 5, p. 507-530, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/253471932_Perceiving_the_General_The_Multisemiotic_Dimension_of_Students'_Algebraic_Activity. Acesso em: 15 fev. 2019.

RAUPP, D. et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_VOL9_N1.pdf. Acesso em: 12 mar. 2019.

RODRIGUES, R. C. Análise e tematização da imagem fotográfica. **Revista ibict – Ciência da Informação**. Ci. Inf, Brasília, v. 36, n. 3, p.67-76, 2007. Disponível em: http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1167. Acesso em: 10 mar. 2019.

ROLDÁN, C.; VÁZQUEZ, A.; RIVAROSA, A. Las representaciones gráficas en tareas academicas universitarias. Enseñanza de las Ciencias. *In*: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 8. 2009., Barcelona, p. 1919 - 1923, 2009. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6905815. Acesso em: 12 ar. 2019.

ROQUE, Nídia Franca; SILVA, José Luis P. B. A Linguagem Química e o Ensino da Química Orgânica. **Química Nova**. São Paulo, v. 31, n. 4, p. 921-923, abr. 2008. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1320. Acesso em: 10 abr. 2019.

SANA, T. C. V., SOUZA, D. D. D. de, ARROIO, A. O papel das imagens fotográficas no processo de construção do conhecimento em sala de aula de química. **REDEQUIM - Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 1, abr., 2016. Disponível em: http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/download/1274/1048. Acesso em: 20 abr. 2019.

SANGIOGO, F. A.; ZANON, L. B. Reflexões sobre modelos e representações na formação de professores com foco na compreensão conceitual da catálise enzimática. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 34, n. 1, p. 26-34, fev. 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/06-CCD-09-11.pdf. Acesso em: 23 jan. 2019.

SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos:** semiose e autogeração. São Paulo: Pioneira, 2005.

SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas**. São Paulo: Pioneira, 2004.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 1990.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem***:* Cognição, Semiótica, Mídia. São Paulo: Iluminuras, 2005.

SILVA, H.C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M.H.S.; GASTAL, M.L. e CASSIANO, W.S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, p. 219-233, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132006000200008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 abr. 2019.

SILVA, H.C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-Posições**, v.17, n. 1, p. 71-83. 2006. Disponível em: https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/2346/49_dossie_silvahc.pdf. Acesso em: 20 abr. 2019.

SILVA, J. G. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre a representação estrutural em química**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação – USP: São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-23042013-123423/pt-br.php. Acesso em: 18 jan. 2019.

TERUYA, L., MARSON G., FERREIRA C., e ARROIO, A. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química Nova**, v.36, n. 4, p. 561-569. 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2943. Acesso em: 20 abr. 2019.

THEISEN, Jossemar de M.; LEFFA, Vilson J.; PINTO, Cândida M. A leitura de imagens na perspectiva dos letramentos visuais. **Revista Ciências e Letras**. n.55, jan/jun, 2014. Disponível em: http://www.leffa.pro.br/textos/trabalhos/Leitura_imagens.pdf. Acesso em: 20 abr. 2019.

UNSWORTH, Len. **Teaching multiliteracies across the curriculum**: changing contexts of text and image in classroom practice. Berkshire: Open University Press, 2001.

VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem.** Trad. P. Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **Electronic Journal of Science Education**, Georgetown, v. 11, n. 1, p. 87-107, 2006. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/228355963_Learning_junior_secondary_science_through_multi-modal_representations. Acesso em: 20 abr. 2019.