

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA**



**RICARDO ANDERSON NOGUEIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO SOBRE MODELOS ATÔMICOS NO ENSINO DE QUÍMICA SOB A  
PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE PIERCE E SAUSSURE.**

**Maceió/AL**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA**



**RICARDO ANDERSON NOGUEIRA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO SOBRE MODELOS ATÔMICOS NO ENSINO DE QUÍMICA SOB A  
PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE PIERCE E SAUSSURE.**

**Monografia apresentada ao Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Química Licenciatura, sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Francine Santos de Paula e coorientação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Monique Gabriela Angelo da Silva.**

**Maceió/AL**

**2023**

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237a Santos, Ricardo Anderson Nogueira dos.

Avaliação sobre modelos atômicos no ensino de química sob a perspectiva semiótica de Pierce e Saussure / Ricardo Anderson Nogueira dos Santos. – 2023.  
85 f. : il.

Orientadora: Francine Santos de Paula.

Co-orientadora: Monique Gabriela Angelo da Silva.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Química: Licenciatura) –  
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió,  
2023.

Bibliografia: f. 74-85.

1. Semiótica. 2. Química - Estudo e ensino. I. Título.

CDU: 372.854

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**Ricardo Anderson Nogueira dos Santos**

## **AVALIAÇÃO SOBRE MODELOS ATÔMICOS NO ENSINO DE QUÍMICA SOB A PERSPECTIVA SEMIÓTICA DE PIERCE E SAUSSURE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Alagoas, pelo Instituto de Química e Biotecnologia como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Licenciatura em Química.

Aprovado em 29 de março 2023.

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Francine Santos de Paula (Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Monique Gabriela Angelo da Silva (Co-orientadora)

### **Banca examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Edma Carvalho de Miranda (Examinadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Laura Cristiane de Souza (Examinadora)

Dedicatória,

Ao meu pai Cícero Nascimento (*in memoriam*)

A minha mãe Rejane Nogueira

A minha esposa Bárbara Gonçalves

A minha irmã Jéssica Raphaela

Ao meu irmão Rodrigo Nogueira

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me proporcionou todas as graças que ao longo do tempo contemplei.

Ao meu pai (*in memoriam*) **Cícero Nascimento** por todo empenho e auxílio, dando todo o suporte que precisei para chegar até aqui.

A minha Mãe **Rejane Nogueira**, fonte de inspiração que me ajudou a seguir meus sonhos, além de ter me acompanhado nos mais difíceis momentos.

A minha esposa **Bárbara Gonçalves**, por todo amor, carinho e paciência.

A minha irmã **Jéssica Raphaela**, por sempre dispor de seu apoio incondicional.

Ao meu irmão **Rodrigo Nogueira** por toda assistência nos momentos de precisão.

A minha avó materna (*in memoriam*) **Ednigues Nogueira**, mulher forte e batalhadora, por ter proporcionado muitos momentos bons em minha vida.

A minha avó paterna (*in memoriam*) **Marineta Maria**, por sempre zelar pela família e nos manter em suas orações.

A minha Orientadora, Professora Dra. **Francine Santos de Paula** por ser uma ótima pessoa, educadora e orientadora, sempre transmitindo generosidade e simpatia.

A professora Dra. **Monique Gabriela** pelo especial auxílio e atenção para o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Dr. **Daniel Thiele** (*In memoriam*) que me proporcionou muitas oportunidades.

A minha companheira de laboratório **Rosalba Rodriguez** pela parceria e amizade.

Aos meus amigos **Fabio Ramalho**, **Thatiane Veríssimo** e **Jaelson Santos** pelos bons momentos que passamos.

Ao namorado da minha irmã **Dhiego Rafael Luna**, por toda ajuda prestada.

A todos **os professores** que tiveram contribuição para que eu chegasse a este momento, meus agradecimentos.

**Obrigado a todos!**

**"Uma imagem vale mais que mil palavras"**

**Confúcio.**

## RESUMO

Nas últimas décadas se observou o aprofundamento dos estudos envolvendo as problemáticas relacionadas ao ensino e aprendizagem em química, buscando soluções que aproximem a sala de aula do meio científico e das reflexões necessárias visando o desenvolvimento do indivíduo, quanto à formação de cidadãos críticos e autores da transformação de sua realidade. Este trabalho busca investigar as possíveis causas da defasagem químico-conceitual no ambiente escolar, partindo da análise semiótica de Peirce e Saussure. Para isso o trabalho se baseia na análise de três publicações sobre: a concepção dos modelos atômicos por parte dos alunos através de um projeto realizado por licenciandos da Universidade Federal de Sergipe (UFS); as representações no LD de Química sob o título “Química Cidadã” identificada no PNLD 2015 da Editora AJS, 2ª edição 2013, dos autores coordenadores Wildson Luis Pereira dos Santos e Gerson de Sousa e a terceira publicação consiste na análise da função semiótica envolvida nas representações da mesma obra, voltada aos modelos atômicos. Por fim os dados foram comparados à luz de uma revisão literária, conduzindo a sugestões que aperfeiçoem a formulação e utilização dos LDs de Química no ambiente escolar, alcançando um real progresso no processo de ensino e aprendizagem em Química.

**Palavras-chave:** Semiótica, Química, ensino e aprendizagem.

## **ABSTRACT**

In recent decades there has been a deepening of studies involving problems related to teaching and learning in chemistry, seeking solutions that bring the classroom closer to the scientific environment and the necessary reflections aimed at the development of the individual, regarding the formation of critical citizens and authors of science. transformation of your reality. This work seeks to investigate the possible causes of the chemical-conceptual discrepancy in the school environment, starting from the semiotic analysis of Peirce and Saussure. For this, the work is based on the analysis of three publications on: the conception of atomic models by students through a project carried out by graduates of the Federal University of Sergipe (UFS); the representations in the Chemistry LD under the title "Citizen Chemistry" identified in the PNLD 2015 by Editora AJS, 2nd edition 2013, by the coordinating authors Wildson Luis Pereira dos Santos and Gerson de Sousa and the third publication consists of the analysis of the semiotic function involved in representations of the same work, focused on atomic models. Finally, the data were compared in the light of a literary review, leading to suggestions that improve the formulation and use of Chemistry textbooks in the school environment, bringing about real progress in the teaching and learning process in Chemistry.

**Keywords:** Semiotics, Chemical, teaching and learning

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Triângulo de Johnstone	26
FIGURA 2-	Possibilidades das classes de signos	32
FIGURA 3 -	Mapeamento de átomos de iodo retirados sobre platina, a partir do microscópio de tunelamento (STM).	44
FIGURA 4 -	Representação de um esfigmomanômetro.	51
FIGURA 5 -	Representação das partículas de um gás.	51
FIGURA 6 -	Representação dos estados de agregação da matéria por partícula	52
FIGURA 7 -	Representação para as mudanças de fase.	54
FIGURA 8 -	Representação do modelo atômico de Thomson (a) e seu experimento com a ampola de crookes (b).	56
FIGURA 9 -	Representação do experimento de Rutherford	57
FIGURA 10-	Representação das linhas espectrais (a) e a transferência de energia para os elétrons (b).	58
FIGURA 11-	Modelo atômico de Rutherford-Borh abordando às setes camadas do átomo.	58
FIGURA 12-	Representação do modelo quântico e as orientações do orbital p.	59
FIGURA 13-	As representações de uma molécula de metano na forma estrutural e tridimensional.	60
FIGURA 14-	Retrato de Antonie-Laurent e Marie-Anne Lavoisier.	61
FIGURA 15-	Representação dos orbitais do elétron do átomo de hidrogênio para várias energias.	64

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	Classificação dos signos semióticos	31
TABELA 2-	As dez categorias semióticas de Peirce.	33
TABELA 3-	Lista de LDs por período	40
TABELA 4-	Critérios da escolha das inscrições	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC- Base Nacional Comum Curricular.

CNE- Conselho Nacional de Educação

CTS- Ciência-Tecnologia-Sociedade.

DCN- Diretrizes Curriculares Nacionais.

HYLE- International Journal for Philosophy of Chemistry.

INL- Instituto Nacional do Livro.

LD - Livro Didático.

LDBEN- Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

MEC - Ministério da Educação.

PCNEM- Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

PNLD- Programa Nacional do Livro Didático.

PNLEM- Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio.

STM - Microscópio de Tunelamento com Varredura.

UFAL- Universidade Federal de Alagoas

UFS - Universidade Federal de Sergipe.

IQB- Instituto de Química e Biotecnologia

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1. GERAL.....	14
2.2. ESPECÍFICOS.....	14
<b>3. UM BREVE HISTÓRICO.....</b>	<b>15</b>
3. 1. CONCEITO DE CIÊNCIA.....	15
3. 2. OS TRES NIVEIS DO CONHECIMENTO.....	17
3. 3. ORIGEM DO ESTUDO DOS SIGNOS.....	18
3. 4. SEMIÓTICA.....	19
3. 5. O CURRÍCULO DE QUÍMICA.....	26
<b>8. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>28</b>
<b>9. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
9 . 1. PESQUISA SOBRE A CONCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE MODELOS ATÔMICOS.....	32
9.1.1. ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA.....	37
9.2. ANÁLISE DAS REPRESENTAÇÕES NO LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA .....	38
9.3. ANÁLISE SEMIÓTICA DAS REPRESENTAÇÕES NO LD E DOS MODELOS ATÔMICOS.....	50
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Química, muitas vezes, é vista como uma disciplina complexa, cujos conteúdos são de difícil entendimento por parte dos alunos (WARTHA e REZENDE, 2015). Tendo isso em vista, este trabalho traz uma reflexão que reitera como a semiótica de Peirce e Saussure tem sido importante para a análise do processo de ensino e aprendizagem em Química (LABURÚ e SILVA, 2011), mostrando que a compreensão dos conceitos químicos é alcançada através de suas representações e, a partir disso, a consolidação deste conhecimento sobre essas definições é evidenciada. Neste trabalho se propicia o estudo dos elementos imprescindíveis para o entendimento das bases da Semiótica de Peirce e Saussure e, assim, endereçar a observação dos muitos processos de linguagem e seus intermediários envolvidos no ensino e aprendizagem de Química. (DE ALMEIDA SILVA et al, 2021).

Parte do problema de aprendizagem em Química está associada a conceitos descontextualizados com a realidade do aluno, e outra parte referente a formas de representação. Por mais que a Química influencie nossa vida, para sua plena compreensão é necessário à assimilação de seus conceitos (FRAZER, 1982).

Deve-se mencionar a grande importância do conhecimento químico para a economia, já que por meio deste é possível refletir sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos oriundos do desenvolvimento tecnológico e industrial. (MENESES e NUÑEZ, 2018). A aprendizagem de Química vai além dos conceitos, ela deve prover habilidades para resolver problemas. Segundo Sá e Santin Filho (2017), a maneira de ministrar essa disciplina necessitava de operações de nível formal para a devida compreensão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Fazer um levantamento sobre os dados obtidos de três artigos envolvendo as dificuldades encontradas pelo aluno do ensino médio, quanto ao entendimento dos modelos atômicos, abordando o caráter semiótico das representações e a contribuição das inscrições no livro didático de Química.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Discorrer sobre a fundamentação teórica a respeito do processo de significação envolvendo a semiótica peirciana e saussuriana.
- Realizar análises de três publicações: a publicação referente à pesquisa realizada por licenciandos da Universidade Federal de Sergipe (UFS); a publicação referente às representações no LD de Química sob o título “ Química Cidadã’ e analisar publicação referente à função semiótica envolvida nas representações do mesmo LD.
- Dar sugestões e alternativas que viabilizem a otimização das ferramentas didáticas em prol do desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem em Química.

### **3. UM BREVE HISTÓRICO**

#### **3.1. O CONCEITO DE CIÊNCIA**

Segundo FREIRE, O termo ciência se refere a um “[...] conjunto de descrições, interpretações, teorias, leis, modelos etc., visando ao conhecimento de uma parcela da realidade [...]” (FREIRE-MAIA, 1998).

O conhecimento de uma parte da realidade é o que a ciência nos proporciona. Na verdade, a ciência é responsável por fornecer explicações para muitos fenômenos na natureza, que fazem parte dessa realidade. Na antiguidade tais explicações envolviam a existência de deuses e figuras míticas responsáveis por esses eventos, calcados da crença e religião daqueles povos, elementos intrínsecos à cultura. A capacidade de fornecer explicações para inúmeros fenômenos e reproduzi-los, permitiu crença na ciência. Segundo Zago (2015), “o homem sempre procurou descobrir a razão das coisas, de seu universo, de seu mundo e de si mesmo. Primeiro, buscou sentido nas narrativas míticas, pois elas eram tidas como a verdade”.

Abolindo-se alguns elementos fundamentais característicos do cotidiano humano, como mito e a crença, a ciência toma-lhes o lugar na tentativa de explicar a tudo ou dominar a tudo. Segundo Francelin (2004), “ a ciência tornava-se cada vez mais específica e operacional, criando para si um mundo próprio, passível de ser explicado, experimentável e dominável”.

Conforme a ciência foi ganhando espaço, mais o ideal místico explicativo era deixado de lado, porém por bastante tempo, a própria ciência era vinculada à perspectiva de uma verdade absoluta, contudo, segundo Freire (2021), é “importante lembrar que a ciência não se propõe a ser verdade absoluta, é apenas um meio para a redução das incertezas”.

Morais (1988) manifesta seu ponto de vista a respeito da questão da verdade e o papel do cientista: “O cientista contemporâneo sabe bem que nada há de definitivo e indiscutível que tenha sido assentado por homens”.

Entre o final do século XIX e início do século XX, a concepção de verdade absoluta começa a se posta em questão devido às lacunas que foram aparecendo e não podiam ser respondidas pelas pressuposições científicas naquele tempo. Silva *et al* (2019) comenta que “muitos estudiosos alegam a inexistência da verdade absoluta, uma vez que o conhecimento é estático e, nesse sentido, a tentativa de determiná-lo é considerada fadada ao fracasso”.

Em outra perspectiva, na compreensão de alguns, a ciência estaria restrita a realização de experimentos capazes de reproduzir fenômenos naturais e, assim, explica-los, mas este pensamento é errôneo, a ciência não é reduzida a experimentos, muito pelo contrário, é abarcante e tem suas particularidades. Além disso, Segundo Raicik e Peduzzi (2015) cada novo experimento “será conduzido e analisado tornam-se diferentes e, ainda não são, em sua totalidade, estáveis; estão sujeitos a falhas, a erros, a imprevistos e a especulações casuais”.

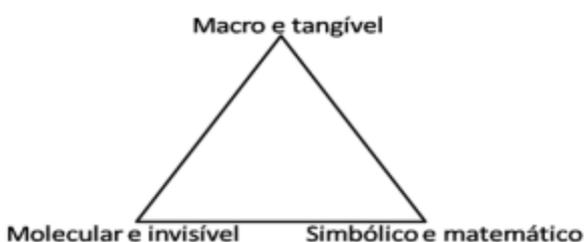
Quando se fala de ciência, é comum a ideia de algo uniforme e padronizado, porém, não existe um método científico que seja universal. Segundo Moura (2014), há um consenso a respeito deste aspecto do caráter da Ciência. Segundo ele “ao contrário das visões de senso comum sobre o método científico, os pesquisadores na área concordam que não existe um conjunto de regras universais a serem seguidas para fazer Ciência”. As metodologias e os resultados podem ser variados.

Pode-se entender que o entendimento científico não se constrói apenas pela experimentação, deve-se observar que anterior à práxis científica está a ideia e o pensamento, presentes na Filosofia da Ciência, trazendo discussões epistemológicas, que podem envolver paradigmas, a ética, a moral, ou seja, características relacionadas ao avanço do conhecimento e aos possíveis incrementos e consequências que possam produzir. (FRANCELIN, 2004).

#### 4. OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO

A Química estuda as transformações da matéria, amparada em modelos de representação. Por vezes esses modelos representam unidades não visíveis que promovem alterações perceptíveis, como por exemplo, a mudança de cor após uma reação química. Em 1982, foi proposta por Alex H. Johnstone (1930–2017) a ideia dos três níveis do conhecimento químico: o nível macro e tangível, responsável por aquilo que pode ser medido ou visto, como a massa, temperatura, volume; o nível molecular e invisível, responsável pelo campo dos modelos teóricos e entidades microscópicas tais como átomos, íons e moléculas; e o nível simbólico e matemático responsável pela representação das substâncias e reações por símbolos e equações. O domínio do conhecimento da Química está dependente da ligação dessas três interfaces concebendo assim o triângulo de Johnstone, representado na FIGURA 1. (JOHNSTONE, 2004)

**Figura 1** – Triângulo de Johnstone



Fonte: Adaptado de JOHNSTONE, 2004.

No estudo das ciências ter uma imagem ou representação ajuda até na construção dos conceitos. Ao que parece o modelo de Johnstone, apresentado há quase 30 anos, ainda é o mais utilizado pelos pesquisadores em educação química, quanto à representação no ensino de Química. Fórmulas e equações não são suficientes no ensino aprendizagem de Química, mas também imaginação e criatividade. (JOHNSTONE, 2004).

Os modelos teóricos, ao serem associados à realidade externa, adquirem conteúdo, promovendo assim representações mentais e internas do próprio modelo

teórico, atuando como mediador entre o conhecimento químico e a interpretação. Segundo Ausubel: “se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo”. (AUSEBEL, 1978).

Para Johnston, amparado na aprendizagem significativa de Ausubel, a maior dificuldade no processo de ensino e aprendizagem em Química consiste em restringir o ensino a apenas dois níveis do triângulo, que são os níveis macroscópico e simbólico, privando o aluno de correlacionar o nível submicroscópico aos demais, incapacitando-o de transitar entre eles e desenvolver capacidades de modelagem. (JOHNSTONE, 2004).

O grupo de pesquisa de Devid Treagust, realizou diversos trabalhos relacionados à capacidade de modelização e seu envolvimento com o nível submicroscópico, por parte dos alunos participantes destes estudos e concluíram que o trânsito entre os níveis de conhecimento propicia a formação de imagens mentais, favorecendo o processo de aprendizagem, evidenciado pela capacidade de realização de tarefas, fato este, atribuído ao uso de modelos físicos. (TREAGUST, 2001).

É importante destacar que três principais práticas contribuem com o processo de aprendizagem, segundo Barros *et al.* (2008), “os níveis de aprendizagem são considerados pelas ações de leitura, escrita e construção de materiais pelos próprios alunos”.

## 5. ORIGENS DO ESTUDO GERAL DOS SIGNOS

Questões envolvendo a semiótica já eram tratadas desde a antiguidade a partir de figuras como Platão (427-348 a.C) e Santo Agostinho (354-430 d.C.), na idade moderna com John Locke (1632-1704), mas foi no início do século XX com os trabalhos de Saussure (1875-1913) e Peirce (1839-1914) que passou a adquirir status de ciência (PEIRCE, 1972).

Ferdinand de Saussure foi um linguista e filósofo suíço, considerado o pai da semiologia, ou seja, da área do conhecimento dedicada a estudar os sistemas de significação. Seus conceitos serviram como fundamento para o estruturalismo<sup>1</sup> no século XX. Para Saussure a língua é um sistema de valores que se opõem uns aos outros, já a fala é um ato individual e está sujeita a agentes externos. Para ele existe também a concepção de significante e significado, o significante seria uma “imagem acústica” (sequência de sons), também chamado de plano de expressão e o significado seria o conceito, o signo é formado pela composição de ambos, também chamado de plano de conteúdo (SANTAELLA e NÖTH, 1998).

Por sua vez, Charles Sanders Peirce (1839-1914) foi um filósofo, linguista, cientista e matemático americano, cujas pesquisas contribuíram fortemente para as áreas da filosofia, lógica, matemática e à semiótica. Peirce estabelece uma relação triádica do signo: o representamen<sup>2</sup>, que é a representação do objeto, o objeto que é aquilo que é representado e o interpretante, que é a ideia que temos do signo (QUEIROZ, 2004).

## 6. SEMIÓTICA

A Semiótica é o estudo dos signos, formando uma área de atuação transdisciplinar, que vai desde a biologia, na comunicação animal, até religião, nos signos envolvidos em ritos religiosos. (NÖTH, 2013). Além dos desenhos, fotografias, pinturas, mapas, cores a semiótica envolve a escrita, geometria e elementos não verbais como a linguagem corporal. (SANTAELLA e NÖTH, 1998). Apenas nomes próprios representam objetos singulares, quando se trata da

---

<sup>1</sup> Toda abordagem de análise que define os fatos linguísticos a partir das noções saussurianas de estrutura e de sistema.

<sup>2</sup> Segundo Peirce, é algo que representa alguma coisa para alguém.

linguagem, já quanto a imagens, a importância delas para a representação do mundo é equiparada a importância da linguagem ao representar os sabores, sons, temperaturas. (NÖTH, 2013).

O objeto representado pode ser uma memória ou imagem mental (NÖTH, 2007), ou seja, pode ser imaginário, por exemplo, um unicórnio, que não existe na realidade, A imagem mental pode ser o objeto de um signo, o interpretante ou o próprio signo. (NÖTH, 2013).

Na ótica peirceana, um ícone é um signo semelhante ao seu objeto, por exemplo, uma imagem de uma banana madura é de cor amarelada como o objeto que representa já a palavra “banana” não guarda qualquer semelhança com o objeto, pois são convencionadas, ou seja, são símbolos. A imagem quando se associa a um elemento específico tipifica, além de um ícone, também um índice, pois servem para identificar o objeto referente, como a foto de um passaporte que identifica seu dono. Na semiótica existem abundantes significados para “representação”, que num geral se localizam entre a apresentação e a imaginação. Para Pierce (1865) a semiótica é caracterizada como “a teoria geral das representações”, sendo a própria representação definida como signo icônico, de função não ontológica<sup>3</sup>, mas semiótica (NÖTH, 2013).

Charles Sanders Peirce (1839-1914) buscava um princípio lógico na ciência que fosse comum na construção do conhecimento em qualquer área. Identificou, assim, a importância do processo de representação e significação, bem como classificar a relação entre o signo e o objeto e interpretação dela recorrente. (GOIS e GIORDAN, 2007).

Então, para todos os efeitos, signo é tudo aquilo que representa algo para alguém. Peirce estabeleceu uma classificação chamada de tricotomia: a primeira é a relação do signo em si mesmo, a segunda é a relação do signo como o objeto, e a terceira é a relação do signo como seu interpretante. Denominou as categorias gerais de Primeiridade, relacionada com a qualidade em si, sem relação com o objeto; Secundidade, na qual entra em jogo a relação de um objeto com outro objeto

---

<sup>3</sup> Relativo ao ser em si mesmo, em sua dimensão ampla e fundamental, em oposição ao ôntico, que se refere aos entes múltiplos e concretos da realidade.

e a Terceiridade, na qual se manifesta a lei que regula a relação. (REZENDE e WARTHA, 2011)

O signo em relação a si mesmo (representamen) pode ser classificado como: Quali-signo, Sin-signo e Legi-signo. O Quali-signo é a qualidade de um signo não corporificado, como sensações e cores, o Sin-signo é o quali-signo corporificado, singular e o Legi-signo é o signo capaz de agir semioticamente, de gerar signos interpretantes, que remete a uma lei ou convecção. O signo em relação ao objeto pode ser classificado como: Ícone, Índice e Símbolo. O Ícone: quando o signo apresenta qualidade e semelhança com o objeto, o Índice: aponta para o objeto diretamente, aponta características ou indica algo que possa ser ligado ao objeto. O Símbolo: representam uma lei ou uma regra, uma convecção estabelecida por uma mente individual ou uma comunidade. Signo em relação ao interpretante gerado pode ser classificado como: Rema, Dicente e Argumento. A Rema é quando o signo é apresentado como uma possibilidade qualitativa, um Dicente é quando o signo se apresenta para seu interpretante como um signo de existência concreta, já o Argumento consiste na generalização de uma lei, sugerindo proposições e induções. A Tabela 1 ilustra a divisão semiótica segundo a visão de Peirce. (GOIS e GIORDAN, 2007).

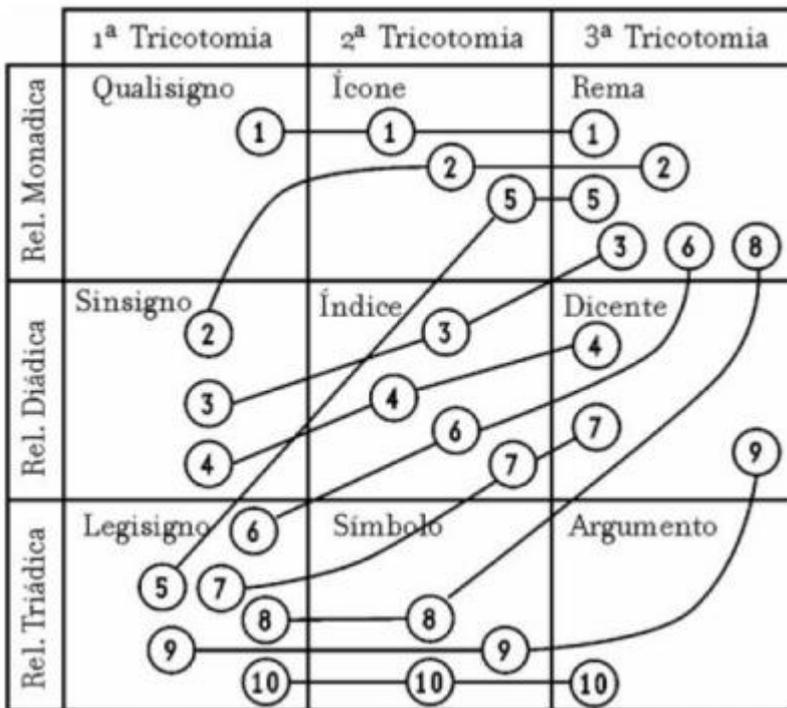
**Tabela 1.** Classificação dos signos semióticos.

<b>Categorias</b>	<b>O signo em relação a si mesmo (significação)</b>	<b>O signo em relação ao objeto (objetivação)</b>	<b>O signo em relação ao interpretante (interpretação)</b>
Primeiridade	Quali-signo	Ícone	Rema
Secundidade	Sin-signo	Índice	Dicente
Terceiridade	Legi-signo	Simbólico	Argumento

Fonte Adaptado de ALMEIDA *et al*, 2011.

Vinte e sete combinações são formadas, contudo 10 são permitidas, ou seja, existem restrições como, por exemplo, um ícone não pode ser um Dicisigno, ou seja, um signo Dicente, pois seu interpretante não pode representá-lo como índice. A Figura 2 mostra essa relação. (QUEIROZ, 2007).

**FIGURA 2:** Possibilidades das classes de signos



Fonte: QUEIROZ, 2007.

Surgem as seguintes categorias citados por Peirce: o Quali-signo icônico remático; Sin-signo icônico remático; Sin-signo indicial remático ou indexical remático; Legi-signo icônico remático; Legi-signo indicial remático; Legi-signo indicial dicente; Legi-signo simbólico remático; Legi-signo simbólico indicial e Legi-signo simbólico argumental. (REZENDE e WARTHA, 2011). Tornando mais explicativo:

- A) O Quali-signo icônico denota um objeto por meio da semelhança, como uma pintura abstrata, considerando sua sensação transmitida (com a apreciação das cores, textura, luminosidade).
- B) Sin-signo icônico corresponde a um ícone que apresenta somente qualidades, características do objeto, como um organograma que apresenta a hierarquia de uma empresa específica.
- C) Sin-signo indicial faz referência ao objeto por apontar suas evidências, como um grito de susto.

- D) Legi-signo icônico indica uma generalização que traz ao interpretante uma qualidade ou semelhança com o objeto representado, como um gráfico que representa o crescimento populacional.
- E) Legi-signo indicial é uma categoria onde uma lei é apresentada por meio de um indício do objeto, como a sirene de uma ambulância.
- F) Legi-signo simbólico é um conjunto de signos gerais em relação a si mesmo, ou em relação ao objeto, como exemplo, um substantivo comum.

**TABELA 2-** As dez categorias semióticas de Peirce.

	<b>Representamen</b>	<b>Objeto</b>	<b>Interpretante</b>
<b>1</b>	qualisigno	icônico	remático
<b>2</b>	sinsigno	icônico	remático
<b>3</b>	sinsigno	indexical	remático
<b>4</b>	sinsigno	indexical	dicente
<b>5</b>	legisigno	icônico	remático
<b>6</b>	legisigno	indexical	remático
<b>7</b>	legisigno	indexical	dicente
<b>8</b>	legisigno	simbólico	remático
<b>9</b>	legisigno	simbólico	dicente
<b>10</b>	legisigno	simbólico	argumental

FONTE: Adaptado de REZENDE e WARTHA, 2011.

É proposta neste trabalho uma análise semiótica a respeito da relação entre os fatos, representações químicas e interpretações, usando como base a teoria semiótica de Charles Sanders Peirce.

Um signo gera na mente de alguém um interpretante ao representar determinado objeto. Considerando a relação signo-objeto pode-se ter uma relação icônica (onde há semelhança com o objeto), uma relação indicial (quando o signo indica o objeto) e simbólica (quando a relação se baseia em convenções ou regras), levando em conta cada signo mantém níveis diferentes de relação indicial, icônica e simbólica. Em outras palavras, pode-se dizer que na relação semiótica, a ação da Química interage com o meio real, a partir de experimentos (índices) e as interpreta produzindo modelos e teorias, que por sua vez, trazem outros signos de natureza icônica e simbólica (desenhos de estruturas moleculares, equações químicas, dentre outros), (SOUZA E PORTO, 2010).

Ferdinand de Saussure (1857-1913) é reconhecido como fundador do Estruturalismo<sup>1</sup> e pai da linguística, para ele o objeto de estudo da linguística é a língua e a língua é definida como um sistema de signos e sistema de valores, expresso na teoria do valor. Esta teoria do valor é resultado da relação entre significante e significado, e da relação deste com cada um dos signos de um sistema, em outras palavras não se deve analisar uma palavra ou signo sem considerar o que o rodeia, num exemplo clássico temos a peça “cavalo” em um jogo de xadrez, a substância constituinte é irrelevante, apenas é levado em consideração seu significado em si mesmo e com o conjunto de relações que estabelece com as demais peças, (SILVEIRA, 2009).

As representações mentais englobam um conjunto de imagens e conceitos sobre um determinado objeto e sobre aquilo que está associado a ele. As representações semióticas são produções que utilizam signos. (GOIS e GIORDAN, 2007).

Normalmente, o conjunto de imagens e conceitos sobre determinado objeto configuram sua representação mental. As representações semióticas compreendem a utilização de signos que compõe um sistema de representações, por exemplo,

numa figura geométrica, uma fórmula algébrica ou um gráfico, têm-se representações semióticas distintas, em outras palavras, podemos dizer que as representações semióticas são exteriorizações das representações mentais (DUVAL, 2012).

As representações semióticas não são subordinadas as representações mentais, mas têm uma relação de interdependência, tendo em vista a necessidade da interiorização da representação semiótica para o desenvolvimento de outra representação. Além disso, o funcionamento cognitivo é dependente de diversos registros de representação semiótica. A produção de uma representação semiótica é chamada semiose e a apreensão conceitual ou mental de um objeto é chamada noésis. (DINIS, 2018).

Os registros de representação semiótica englobam três atividades cognitivas fundamentais: A formação de uma representação, o tratamento de uma representação e a conversão de uma representação. O primeiro caso está associado ao enunciado de uma frase, desenho de uma figura geométrica, expressão de uma fórmula, etc. O segundo caso é referente a uma transformação interna a um registro, como paráfrase ou inferência, que são formas de tratamento na língua natural. O terceiro caso envolve uma transformação externa ao registro inicial, como acontece na ilustração (conversão de uma representação linguística em uma figura) e, inversamente a ela, a descrição (conversão de representação não verbal em função linguística). (DUVAL, 2012)

Deve-se salientar que a conversão não está ligada diretamente a uma interpretação ou codificação, sendo a interpretação vinculada a analogias e a codificação se tratando de uma transcrição de uma representação em outro sistema semiótico diferente. (DUVAL, 2012; ECO, 1988). O desenvolvimento das diversas formas de conhecimento é acompanhado do surgimento de novos sistemas semióticos que coexistem entre si. (GRANGER, 1979).

Para Saussure, pai da semiologia de vertente europeia (diferenciando-se de Peirce, de vertente americana), os signos se dividem em significante (físico) e significado (mental), além do referente, situado no espaço real. A estrutura triádica depende de uma relação de significação (significante e significado) em referência a

um objeto, assegurado pelo plano de interpretação para as figuras, determinada pelo sistema da língua. Já na estrutura diádica, os signos envolvendo a noção matemática, não têm significação e são constituídas por relações com o objeto. Em outras palavras, o processo de significação corresponde a um trans-registro e por vezes parece que a operação de conversão é negligenciada quando comparada às operações de formação e tratamento de representações. (SAUSSURE, 1973)

Exercícios locais de conversão não se mostram eficazes para esta finalidade, tendo por alternativas três atividades: apreensão das representações, a aprendizagem de tratamentos próprios de certa categoria de registros e produção de representações complexas, além disso, faz-se necessário uso da argumentação como forma de raciocínio não separado do registro da própria língua e a dedução, usada nos conceitos, definições, teorias, axiomas, como a geometria, por exemplo. (DUVAL, 2012)

## **7. O CURRÍCULO DE QUÍMICA**

A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC), de 2018, foi criada a partir da LDBEN/96<sup>4</sup>. Segundo Martins (2022), é uma “ política normativa a qual direciona à construção dos currículos de diferentes instituições escolares do país público e privadas-municipais/estaduais”, em outras palavras, segundo Leite (2017), pode ser entendida como “ a base que o país utilizará para respeitar as diferenças entre regiões, principalmente, pois garante o direito à educação, bem como quais os conhecimentos necessitam ser socializados”.

Esse currículo de Química trabalha pela unificação do objetivo no sistema educacional, alinhando todas as escolas em uma unicidade, ou seja, padronizando seu objetivo, sendo este currículo amparado pela BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC), (BRASIL, 2015).

Os PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO (PCNEM), aprovados pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) e definidos a partir da Lei de diretrizes e Bases da educação Nacional (LDBEN) são fruto de um intenso trabalho de educadores a fim de criar estratégias que auxiliem o docente em

---

<sup>4</sup> LEI Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional

sala de aula, no aprimoramento da execução do trabalho, assim como em seu planejamento e também no desenvolvimento do currículo escolar. Este, por sua vez, é visto muitas vezes como um conjunto de conteúdos a serem ministrados e objetivos a serem concretizados, de características inflexíveis (BRASIL, 1999),

Esses parâmetros estabelecem competências e habilidades e trazem instruções que direcionam cada sistema de ensino a construir seus currículos. Eles se baseiam em três grandes domínios: investigação e compreensão; representação e comunicação; contextualização sociocultural. A Química se enquadra no campo da ciência da natureza e matemática, com perfil voltado a investigação e compreensão. Como sugestão pedagógica pelo PCNEM é fundamentada em três alicerces: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos. Além disso, é válido ressaltar que a Química contribui para a formação do indivíduo, fazendo-o capaz de interpretar o mundo e intervir na realidade. (BRASIL, 1999).

O MEC direciona os PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO (PCNEM) para auxiliarem os educadores, mas é válido ressaltar que estes têm caráter de recomendação. (PINHEIRO e NASCIMENTO, 2018), Esses parâmetros instruem para a difusão de valores de interesse social, aos direitos e deveres dos cidadãos, ao respeito ao bem comum e a ordem democrática, referentes às perspectivas no currículo do ensino médio. (BRASIL, 2013),

Sendo o LD, qualquer obra produzida para ser usada em sala de aula, na educação formal, geralmente são tratados como ferramentas pedagógicas.

Na década de 1930, foi criado o INSTITUTO NACIONAL DO LIVRO (INL), Pelo decreto nº 93, com o objetivo de desenvolver uma enciclopédia brasileira que retomasse a identidade e nacionalismo brasileiro, bem como de construir bibliotecas públicas em todo território nacional.

O INSTITUTO NACIONAL DO LIVRO (INL), criado também para legislar sobre a política do LD, utilizando-o como ferramenta educacional, sendo extinto em 1976. Já em 1985, houve a criação do PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (PNLD), pelo decreto nº 91.542, de 19 de agosto (BRASIL, 2012), que permitia maior participação dos professores na escolha do LD no ensino fundamental, porém cada estado tinha ficado com a responsabilidade de adquirir seu próprio LD e, sem

recursos, a maioria acabou sendo excluído do programa. Em 2004, através da resolução nº 38 do FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FNDE), foi criado o PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO (PNLEM), com o objetivo de elencar e disponibilizar os livros avaliados pelo MEC em todo território nacional. Para serem aceitos os livros deviam ter correção, adequação conceitual, informações básicas, coerência metodológica e seguir a ética (BRASIL, 2012). Em 2017, pelo decreto de nº 9.099, de 18 de julho, houve a unificação do PNLD com o PROGRAMA NACIONAL BIBLIOTECA DA ESCOLA (PNBE), sob a sigla PNLD. Sendo os professores que atuam em sala de aula responsáveis pela escolha do LD que será utilizado durante três anos letivos (BRASIL, 2012).

## 8. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A primeira etapa deste trabalho consistiu na análise da publicação referente a uma atividade de estágio realizada por licenciandos da Universidade Federal de Sergipe (UFS) sobre os conceitos de modelo científico e sua relação com a aprendizagem em ciências. O objetivo deste trabalho em analisar a publicação referente a tal atividade consiste em constatar e exemplificar o grau de dificuldade, por parte do aluno do 1º ano do ensino médio, em correlacionar os conceitos e aplicações dos modelos teóricos.

Já a segunda etapa deste trabalho está relacionada à análise de duas publicações referentes ao LD escolhido sob dois aspectos: o representacional e o de função semiótica. Este primeiro tem por objetivo caracterizar as inscrições, ou seja, as representações visuais de acordo com três categorias: conceitual, epistemológica e sobre os níveis do conhecimento (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Já a terceira parte visa investigar a atuação semiótica a partir dos signos não verbais e verbais (no ambiente escolar). As observações dos autores da pesquisa das escolas foram levadas em consideração.

A parte associada ao aspecto representacional tem como referência uma pesquisa sobre as inscrições presentes em livros de Química utilizados nas escolas públicas e privadas no agreste sergipano de autoria de SILVA *et al*, 2011. Sobre a parte semiótica, o trabalho foi baseado em um estudo realizado em quatro escolas no município de Goiás que foram o colégio Estadual de Aplicação Professor Manuel Caiado; Colégio da Polícia Militar de Goiás João Augusto Perilo; Colégio Estadual Professor Alcides Jubé e o Colégio Estadual Dr. Albion de Castro Curado de autoria de DE ALMEIDA SILVA, *et al*, 2021. O estudo se baseava na abordagem dos conceitos sobre modelos atômicos que apresentava maior expressividade e significado no componente de Química para o ensino médio dos colégios citados.

O LD de Química escolhido em nosso trabalho, listado no Programa Nacional do Livro Didático de 2015 (PNLD-2015), foi o volume 1 da coleção “Química cidadã”, da Editora AJS, 2ª edição 2013, dos autores coordenadores Wildson Luis Pereira dos Santos e Gerson de Sousa, ilustrado por período na tabela 3 (a versão 2013 está mais presente na literatura, contribuindo para sua escolha neste trabalho). Os critérios que levaram a escolha da obra Química Cidadã envolveram o cuidado com

a linguagem científica, trabalhada como ferramenta de mediação do conhecimento científico, bem como a interação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), adequando os temas sócio científicos aos devidos tópicos, como o consumo sustentável, a poluição atmosférica e a agricultura, que trazem elementos sociais reflexivos e que contribuem para uma melhor associação cognitiva. Além disso, a obra traz a seção “tema em foco”, que aborda questões como a controvérsia científica, salientando o caráter social e provisório do conhecimento científico, elencando temas da filosofia da ciência.

**TABELA 3-** Lista de LDs por período.

Período		Título	Autor(es)
LDB 5.692/71	1980 – 1995	Química Geral	Feltre (1982).
		Química na Abordagem do Cotidiano	Tito e Canto (1993).
LDB 9.394/96	1996 – 2007	PEQUIS - Química e sociedade	Santos et al. (2003)
		Química	Tito e Canto (1999).
		Química Geral	Feltre (2000).
		Química - Ensino Médio	Levorato et al. (2006)
Plano Nacional do Livro Didático - PNLD	2009 – 2011 (PNLEM 2008)	Química na abordagem do cotidiano	Peruzzo e Canto (2006).
		Química	Feltre (2005).
		Universo da Química	Bianchi, Albrecht e Maia (2005).
		Química – Volume Único	Nóbrega, Silva e Silva (2007).
		Química	Mortimer e Machado (2005).
		PEQUIS – Química e sociedade	Santos et al. (2005)
	2012 – 2014 (PNLD 2012)	Química na abordagem do cotidiano	Canto e Peruzzo (2006).
		Química	Fonseca (2010).
		Química	Machado e Mortimer (2010).
		Química cidadã	Castro et al. (2011).
		Ser protagonista – Química	Lisboa (2010).
	2015 – 2017 (PNLD 2015)	Química	Fonseca (2013).
		Química	Mortimer e Machado (2013).
		Química cidadã	Santos et al. (2013).
	2018 – 2020 (PNLD 2018)	Ser protagonista – Química	Antunes (2013).
		Química	Reis (2016).
		Química	Machado e Mortimer (2016).
		Ser protagonista – Química	Bruni et al. (2016)
		Vivã – Química	Novalis e Antunes (2016).
		Química	Ciscato, Chemello, Pereira e Proti (2016)
Química Cidadã		Castro et al. (2016).	

FONTE: MARCONDES e SILVA, 2022.

É válido ressaltar que outras obras de química trazem também elementos similares a alguns existentes na obra Química Cidadã, contudo a preocupação com o caráter visual e a forma de organização destes elementos neste LD viabilizou ainda mais a sua escolha para análise de caráter semiótico. Os critérios adotados para a escolha das imagens no LD foram: Relação conteúdo e realidade do aluno, onde se faz um paralelo entre o princípio abordado e seu imediato correspondente no contexto social; Representação macroscópica, onde se observa o processo fenomenológico, visível e tangível; Representação simbólica, onde, através de convenções, se representa uma determinada substância ou reação por meio de símbolos ou equações; Representação submicroscópica, onde a análise representacional do universo não visível, dos átomos e moléculas, bem como da abordagem dos modelos teóricos; Representação gráfica, em que se desenvolve uma leitura quantitativa de dados ligados a determinado processo químico; Ilustração do experimento, onde se estabelece o meio experimental que fundamenta as bases teóricas; Ilustração histórico-científica, que vincula a Química e a história da Ciência. Ver tabela 4.

**TABELA 4-** Critérios da escolha das inscrições

Critério	Código
Relação conteúdo e realidade do aluno	C1
Representação macroscópica	C2
Representação simbólica	C3
Representação submicroscópica	C4
Representação gráfica	C5
Ilustração de experimento	C6
Ilustração histórico-científica	C7

Fonte: autor, 2023.

Por fim os dados qualitativos e quantitativos foram comparados e analisados, a fim de se obter elementos que ajudem a construir soluções para a problemática envolvendo as dificuldades teórico-conceituais do aluno de Química do ensino médio, tendo em vista que as inscrições presentes no LD, assim como em qualquer outra obra, podem gerar funções semióticas distintas entre os alunos, acarretando um distanciamento entre aquilo que deveria ser compreendido e o que é realmente assimilado por meio da inscrição, de acordo com a familiaridade com a linguagem referida.

## **9. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **9.1. PESQUISA SOBRE A CONCEPÇÃO DOS ALUNOS A RESPEITO DOS MODELOS ATÔMICOS**

Para aprender ciência é necessário compreender como se forma o conhecimento científico, em outras palavras, romper com a crença de que este conhecimento é formado pela mera observação da realidade, mas sim pela elaboração de modelos e leis que deem sentido a esta realidade, de forma que possam ser testados por meio de experimentos ou também simulações, tendo em vista, a ciência não ser algo acabado, mas em constante evolução. (MELO e NETO, 2013)

Na sala de aula, estudos envolvendo reações e moléculas são trabalhadas, contudo não abordam necessariamente o estudo dos modelos teóricos, fazendo parecer que a Química atua com entidades bem estabelecidas e concretas, porém na realidade é fruto da criação humana. Geralmente o aluno tem a compreensão que o átomo foi encontrado e depois estudado, que seria uma perspectiva errônea, pois o átomo não foi, a princípio, encontrado, mas sua teoria foi proposta. (REZENDE e WARTHA, 2011).

Nos livros didáticos normalmente vêm primeiro um capítulo sobre modelos atômicos, seguido de tabela periódica e posteriormente ligação química. Em virtude desta fragmentação, por vezes, o aluno apresenta dificuldades na associação entre o comportamento da matéria e os modelos atômicos e moleculares. Além deste

fator, percebe-se que a forma com que são abordadas as analogias, tanto pelos livros didáticos quanto pelos professores pode mais prejudicar que ajudar na estruturação do conhecimento científico, não ignorando a utilidade deste recurso ao aproximar o aluno de abstrações, como é o caso da comum associação do modelo atômico de Thompson a um pudim de passas (FELTRE, 2005; PERUZZO E CANTO, 1998; 2007; CARVALHO e SOUZA, 2003; NOGUEIRA NETO e DIAS, 2005).

A dificuldade quanto ao uso de analogias reside da não migração do conhecimento macroscópico para microscópico e vice versa, por parte do aluno, evidenciando os problemas quando se estabelece relações analógicas incorretas (CEDRAN, 2018).

Cada modelo científico criado somente se mantém aceito, enquanto conseguir explicar e prever os fenômenos, baseado em experimentos e cálculos matemáticos. Esses modelos científicos<sup>5</sup>, também chamados de modelos mentais<sup>6</sup>, podem ser formados na mente do aluno, a partir de processos analógicos. (BORGES, 1997).

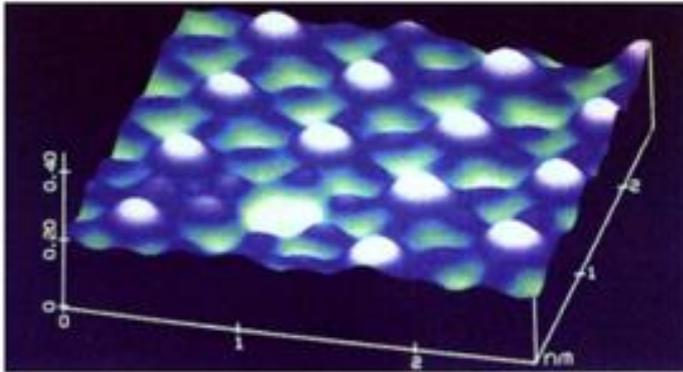
Mesmo que a discussão sobre o conceito de modelos mentais seja abrangente, aparentemente estes conceitos têm em comum o fato que possibilitarem inferências e previsões sobre o comportamento do sistema representado. Por exemplo, o aluno poderá, depois de uma aula sobre modelos atômicos, tecer eventuais explicações para as variadas cores dos fogos de artifício, baseando-se em modelos mentais, podendo prever fenômenos ou incorrer sobre falhas no modelo. Aprender ciência implica em tomar para si modelos mentais consistentes sobre fenômenos do dia a dia. A problemática reside no fato do aluno assumir um modelo teórico como real e não como construção humana. É válido ressaltar a diferença dos modelos propostos e a representação real de átomos. A figura 3 ilustra uma representação virtual de átomos de Iodo (não presente no LD Química Cidadã), servindo aqui apenas como parâmetro que diferencia a imagem de átomos reais e seus modelos atômicos estudados nos LDs. (BORGES, 1997).

---

<sup>5</sup> Representações idealizadas ou analógicas da realidade.

<sup>6</sup> São dispositivos do pensamento por meio dos quais um ser humano tenta explicar, a si próprio e aos outros, como funciona o mundo real.

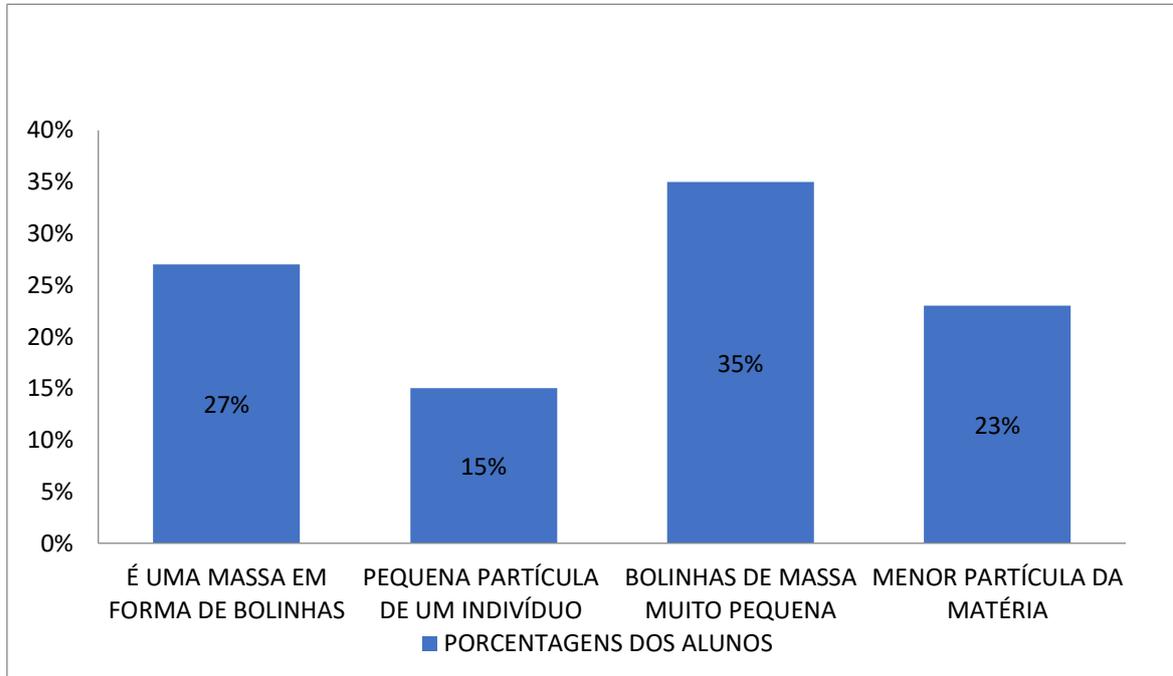
**FIGURA 3:** Mapeamento de átomos de iodo retirados sobre platina, a partir do microscópio de tunelamento (STM). (as cores são artificialmente produzidas)



FONTE: MELO e NETO, 2013.

O projeto de ensino sobre modelos atômicos, referente ao artigo de Melo e Neto (2013), foi realizada por dois licenciandos em Química do sétimo período da Universidade Federal de Sergipe (UFS), na disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino de Química II, contando com a participação de 32 alunos do 1º ano do ensino médio, com faixa etária entre 14 e 18 anos. O nome da escola utilizada para a atividade não foi revelada, apenas que se localizava em Aracaju. Houve ao todo nove encontros de 45 minutos cada. O Projeto revelou que o aluno do colegial, ao ter contato com as analogias citadas quanto ao estudo dos modelos atômicos, cria em seu imaginário o modelo atômico como sendo real e concreto ao invés de um modelo, distorcendo o modelo matemático que o deu origem. A atividade consistia, a princípio, na constatação das respostas individuais da concepção de modelos atômicos por parte desses alunos (sobre seus conhecimentos referentes ao conteúdo ministrado) e durante cada encontro foram propostos debates e explicações sobre cada parte tema. As respostas da primeira pergunta foram organizadas no GRÁFICO 1 (MELO e NETO, 2013).

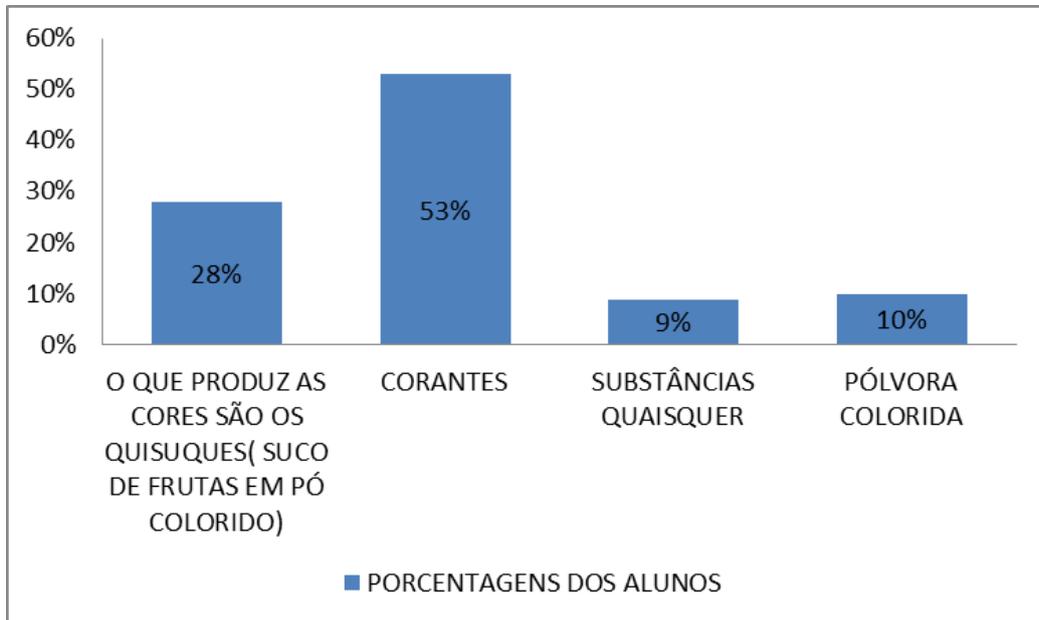
**GRÁFICO 1:** Concepções dos alunos sobre o que é o átomo.



FONTE: Adaptado de MELO e NETO, 2013.

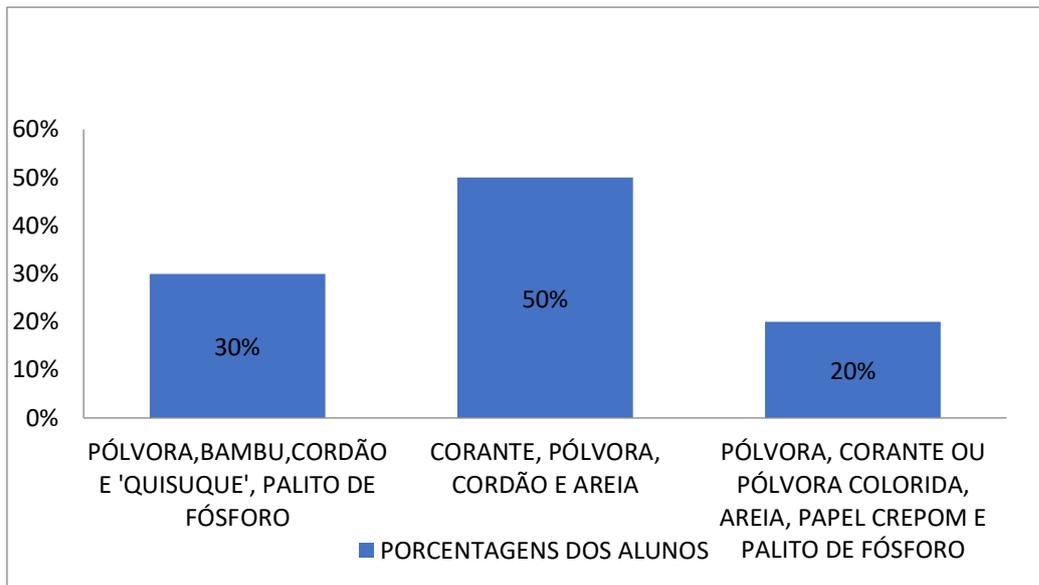
Em seguida os alunos foram questionados a respeito das causas que proporcionam variedade de cores observadas após lançamento de fogos de artifício. As respostas dos alunos podem ser observadas no GRÁFICO 2.

**GRÁFICO 2:** Concepções sobre causas das cores nos fogos de artifício.



FONTE: Adaptado de MELO e NETO, 2013.

Posteriormente os alunos foram novamente questionados sobre a composição dos fogos de artifício, ou seja, do que eles eram feitos. Suas respostas podem ser observadas no GRÁFICO 3.

**GRÁFICO 3:** Concepções sobre a composição dos fogos de artifício.

FONTE: Adaptado de MELO e NETO, 2013.

Depois do terceiro questionamento foi proposta a leitura de um texto, para auxiliar no entendimento do fenômeno observado. Um parágrafo do texto é descrito abaixo:

**“FOGOS DE ARTIFÍCIO: BONITO PARA OS OLHOS, UM PERIGO PARA AS MÃOS!**

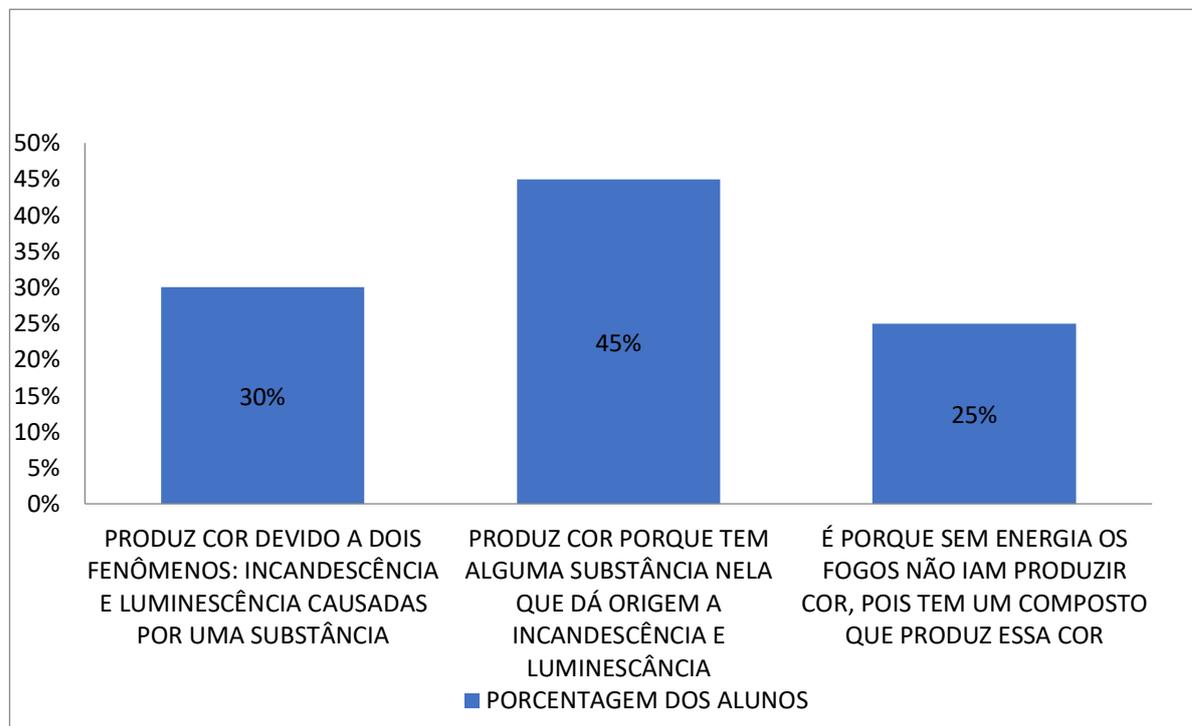
[...] As cores produzidas em um show de fogos de artifício podem ser produzidas a partir de dois fenômenos: a incandescência e a luminescência. A incandescência é a luz produzida pelo aquecimento de substâncias. Quando se aquece um metal, por exemplo, ele passa a emitir radiação infravermelha, que vai se modificando até se tornar radiação visível na cor branca. Isso irá depender de qual temperatura é atingida. Um exemplo de incandescência são as lâmpadas, onde existe um filamento de tungstênio que é aquecido e passa a produzir luz, a partir da incandescência. A luminescência é a luz produzida a partir da emissão de energia, na forma de luz, por um elétron excitado, que volta para o nível de energia menos energético de um átomo. Esta é uma característica de

cada elemento químico. Ou seja, sais de sódio quando aquecidos, emitem luz amarela, já os sais de estrôncio e lítio produzem luz vermelha, os de bários produzem luz verde e assim por diante. Os fogos de artifício utilizam deste fenômeno e desta variedade, uma vez que há fogos das mais diversas cores. [...].

FONTE: MELO e NETO, p. 112, 2013.

Por fim os alunos foram novamente questionados sobre a coloração dos fogos de artifício. Os resultados são expostos no GRÁFICO 4.

**GRÁFICO 4:** Concepções sobre coloração dos fogos após leitura do texto.



FONTE: Adaptado de MELO e NETO, 2013.

### 9.1.1 ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA

Neste trabalho leva-se em consideração também a percepção dos autores da pesquisa, Melo e Neto. Sobre o primeiro questionamento, foi observado que 62% dos alunos associaram átomos com bolinhas e 38% associaram a uma partícula, constatando que dentre todos os modelos expostos para o aluno como o de Thomson e Rutherford foi o modelo de Dalton que preponderou.

Os alunos não questionavam qual modelo usar, pois a escolha deveria ser feita dependendo da utilização do modelo atômico, ou seja, de qual fenômeno explicar, evidenciando que não estabeleciam limites para o uso dos modelos, imaginando os modelos atômicos como entidades sólidas e reais.

Sobre o segundo questionamento, os alunos associaram as causas das cores nos fogos de artifício ao uso de corantes, ou seja, 91% dos alunos, evidenciando que não fizeram uso dos modelos atômicos previamente estudados para justificar tal fenômeno, pois criam se tratar da coloração provinda do material combustível, em outras palavras não se fez uso de conceitos científicos e abstratos, mas de conceitos simplistas e no observável. Em seguida foram questionados a respeito da composição dos fogos de artifício e 70% continuaram a associar o uso de corantes como substância constituindo dos mesmos.

Os alunos focaram nas características visíveis e não fizeram uso dos modelos teóricos, revelando uma dificuldade em atingir o nível desejado de abstração.

Depois da apresentação do texto, constatou-se que 75 % dos alunos utilizaram palavras do texto proposto para embasar as teorias a respeito da coloração dos fogos de artifício, como "luminescência" e se aproximaram um pouco do nível de abstração, mas sem formular uma explicação para a variedade de cor nem a plena associação ao modelo atômico, em todo o processo foram mediados pelos licenciandos.

## 9.2 ANÁLISE DAS REPRESENTAÇÕES NO LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA

A aprendizagem é um processo dinâmico, composto por múltiplos fatores, desde a interação com o meio externo, até o domínio dos saberes a que se tem acesso. Já as representações visuais (inscrições) interagem com os saberes que compõe o sistema de representação externo, como a língua natural e os símbolos matemáticos por exemplo. (GARCIA e PALACIOS, 2006). Entendem-se inscrições aqui, como qualquer imagem ou representação visual, tais como fotografias distinguindo de representação mental. (SILVA, *et al*, 2011).

Nos livros didáticos de ciências há uma variedade de inscrições para serem interpretadas pelos alunos, bem como artigos e congressos científicos (LEMKE, 1990). Nos livros didáticos as inscrições retratam basicamente fenômenos macroscópicos e as descrições microscópicas, sendo os gráficos e equações formas distintas de representação destes fenômenos (HAN e ROTH, 2006).

A representação de um conteúdo ou elaboração de modelos explicativos se dá através de desenhos que visam representar ou simplificar conceitos. É consenso em diversos autores que as imagens têm papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Os autores do LD Química Cidadã destacam que:

Esta obra apresenta uma grande preocupação com o tratamento de suas imagens, baseando-se no princípio de que a mensagem visual desempenha um papel importante na educação em Ciências, tanto na construção quanto na representação e comunicação de ideias e conceitos científicos. De modo geral, as imagens desempenham papéis diversificados nos livros didáticos. Suas funções podem ser definidas conforme a relação com o texto no qual estão inseridas. Conscientes do valor das imagens, nesta obra tivemos preocupação com a comunicação visual, utilizando diversos tipos de imagens para ilustrar diferentes tipos de textos e enfoques.

FONTE: Química cidadã, 2013.

No tópico “constituintes da matéria” os próprios autores induzem a uma contradição conceitual, pois se leva a crer que as partículas podem ser entendidas a nível microscópico na seguinte indagação “ como é formada microscopicamente a matéria?” e depois se afirmar que “nem mesmo com a utilização de microscópio óptico conseguimos visualizar as partículas.

No capítulo 2 o autor traz no LD inscrições que contextualizam o conteúdo de “estudos dos gases” ao ilustrar o esfigmomanômetro, instrumento de uso médico (visto na FIGURA 4) ao conteúdo em questão, enquadrado no critério C1.

**FIGURA 4:** representação de um esfigmomanômetro.



FONTE: Química cidadã, 2013

Ainda no capítulo 2 o LD faz uso de imagens de partículas para explicar o comportamento gasoso. A imagem da FIGURA 5 evoca uma ideia de movimento das partículas responsáveis pelo entendimento de compressibilidade e difusão do gás (critério C4, ou seja, de representação submicroscópica). Claramente esta representação opta pelo modelo atômico de Dalton que será estudado mais a frente.

**FIGURA 5:** representação das partículas de um gás.

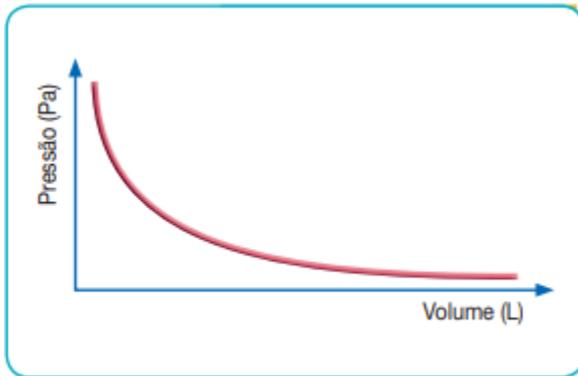


FONTE: Química cidadã, 2013.

Sobre o estudo dos gases o LD traz o recurso gráfico para correlacionar à transformação isotérmica, onde não envolve qualquer dado comparativo entre os

valores de pressão e volume, o GRÁFICO 5 ilustra a transformação isotérmica (critério C5, de representação gráfica).

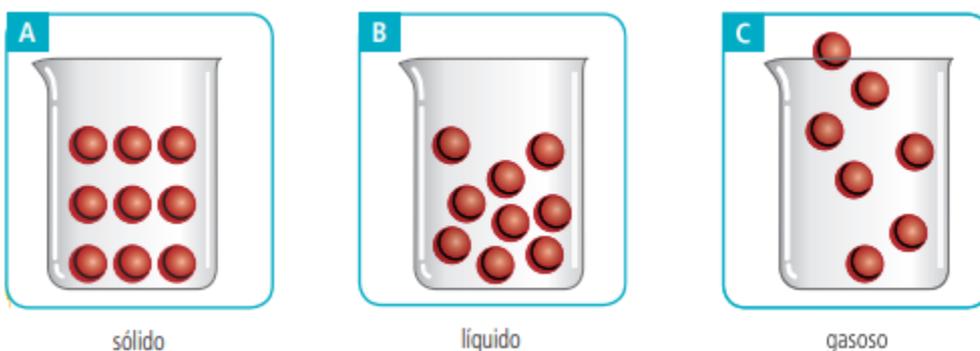
**GRÁFICO 5:** Gráfico de uma isoterma



FONTE: Química cidadã, 2013.

Comumente nos LDs se fala em “estado físico”, porém existe um erro conceitual neste termo, pois o estado remete a forma de agregação das partículas, exemplificando, podemos dizer que a água entre 10°C e 80°C se encontra na fase líquida, mas para cada temperatura existe um estado de agregação diferente. No LD escolhido os autores tomam o devido cuidado com esse termo, tratando como “estados de agregação da matéria por partículas”. Ilustrada na FIGURA 6 (de Critério C4, de representação submicroscópica).

**Figura 6 -** Representação dos estados de agregação da matéria por partícula



FONTE: Química cidadã, 2013.

Com base na figura 6, percebe-se que os autores optam por representar os estados de agregação das partículas a partir da perspectiva submicroscópica,

diferentemente de muitos outros que comumente adotam a água (nível macroscópico) como principal substância para esta finalidade, além disso, da figura A até a C, evidencia-se um progressivo grau de desorganização das partículas condizente com o estado de agregação respectivos.

Os autores são cautelosos ao representar a quantidade equivalente de partículas na figura A e B, dando a ideia de que na figura C estas partículas ficam dispersas além do recipiente que as comporta, contudo não se destaca de qual substância se está analisando.

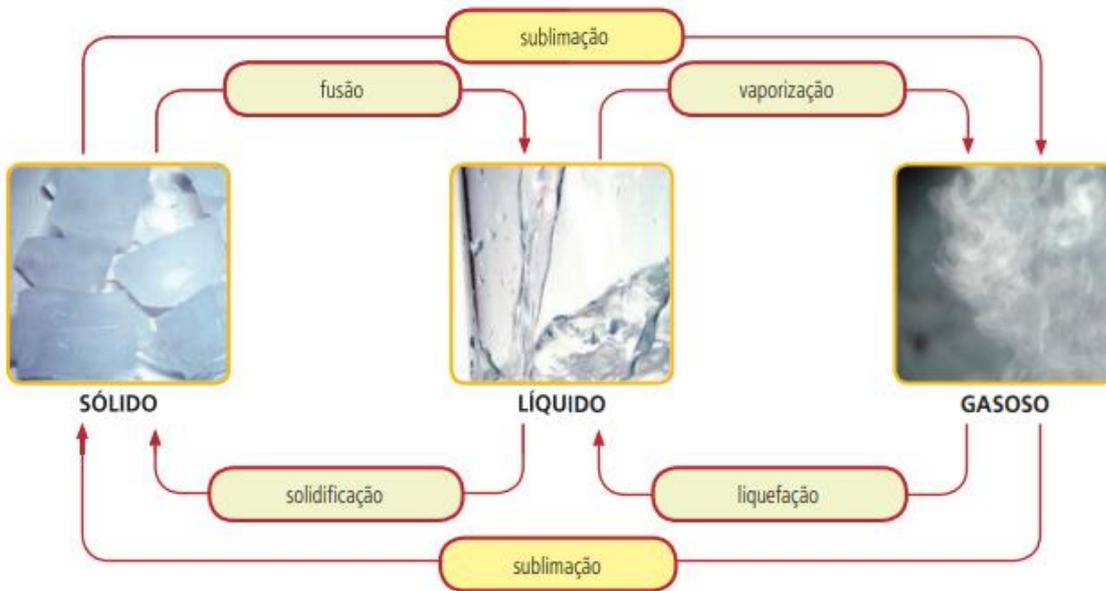
Ainda na figura 6, o leitor pode ser levado a alguns erros de entendimento quando se fala das partículas sem necessariamente enfatizar que se trata de um modelo de representação, contudo, a coloração escolhida não leva o leitor associar as partículas a qualquer substância em específico, já que em outras obras a coloração da partícula azul, pode erroneamente dar a entender alguma característica física macroscópica dos modelos teóricos, associando o “azul da água” ao azul da partícula.

Observa-se que a água é o principal exemplo a ser adotado por muitos autores, quando se aborda o “ estado físico da matéria”, aparentemente quase como uma exclusividade dessa substância.

Pode-se analisar com base na figura 7 que os autores utilizaram a água (nível macroscópico, de critério C2) como referencial para ilustrar as mudanças de agregação da matéria, além disso, a inscrição usada se trata de uma fotografia.

Durante a mudança de fase gasosa para a líquida o LD descreve como “liquefação”, que por vezes é usado como sinônimo para condensação, contudo a liquefação se relaciona com gases e o exemplo ilustrado retrata vapor de água, ocasionando um possível erro conceitual, para contornar este problema os autores especificam que “ quando a passagem do estado gasoso para o líquido ocorre a partir do vapor, ela é chamada de condensação”.

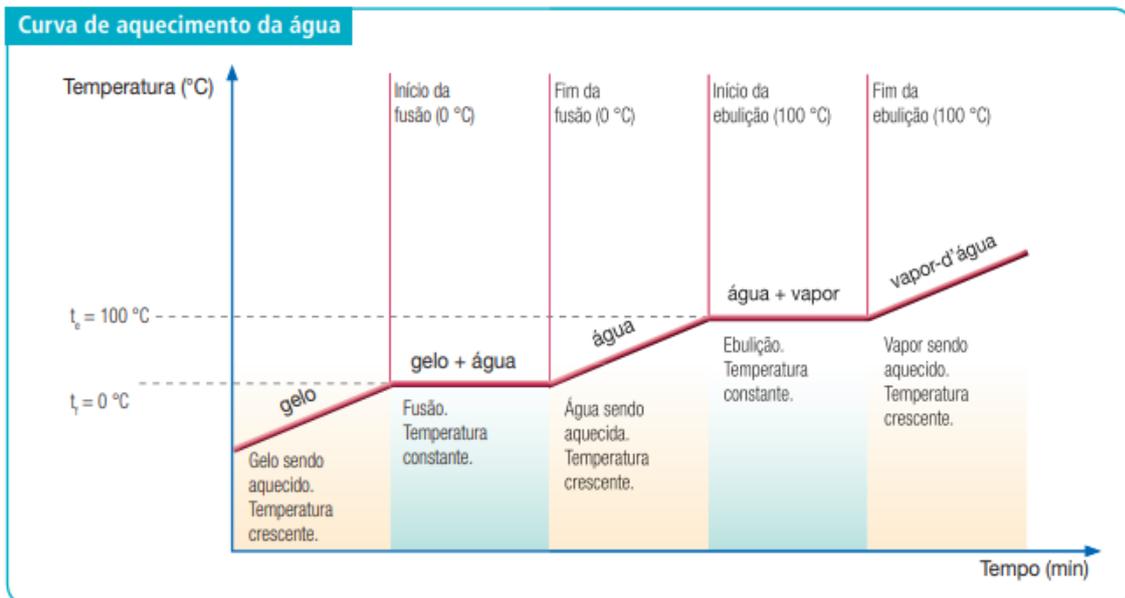
**Figura 7** - Representação para as mudanças de agregação da matéria.



FONTE: Química cidadã, 2013.

Alguns autores optam por acrescentar imagens anexas ao gráfico de mudança de agregação da matéria, que por vezes podem estar fora dos limites da faixa de temperatura, acarretando em má compreensão dos intervalos de mudança de fase ou a imagem usada não ser condizente com o estado referido, como uma nuvem retratar o estado gasoso da água. Na obra Química Cidadã os autores expressam a “mudança de fase” das substâncias sem a apresentação de imagens extras contidas no próprio gráfico em questão, ilustrado no GRÁFICO 6 (critério C5, de representação gráfica).

**GRÁFICO 6-** Gráfico de mudança de estado de agregação para a água.

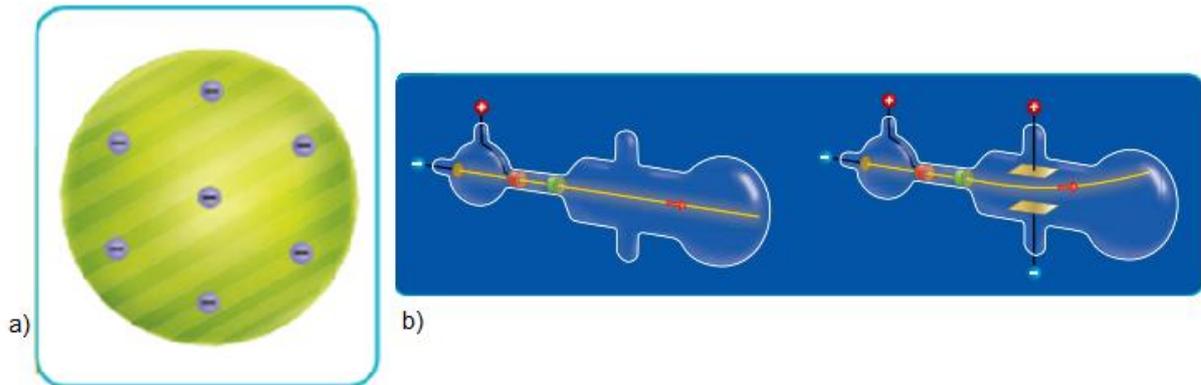


FONTE: Química Cidadã, 2013.

No decorrer do capítulo 05 os autores sequenciam as teorias de Dalton (1766 - 1844), Thomson e Rutherford condensando seus aspectos, de forma que faz o aluno acompanhar o desenvolvimento de cada modelo, analisando os anteriores e as pesquisas que embasaram cada modelo. O conceito do átomo predomina na forma textual.

Assim como o modelo atômico de Dalton (1766 -1844) o modelo de Thompson poderia ser utilizado na temática sobre o estudo dos gases, ligando o comportamento de gases não ideias e a interação das partículas da fase gasosa. O modelo de Thompson e seu experimento são ilustrados na FIGURA 8, item "a" de critério C4 (representação submicroscópica) e "b" de critério C6 (ilustração de experimento).

**FIGURA 8** – Representação do modelo atômico de Thomson (a) e seu experimento com a ampola de crookes (b).

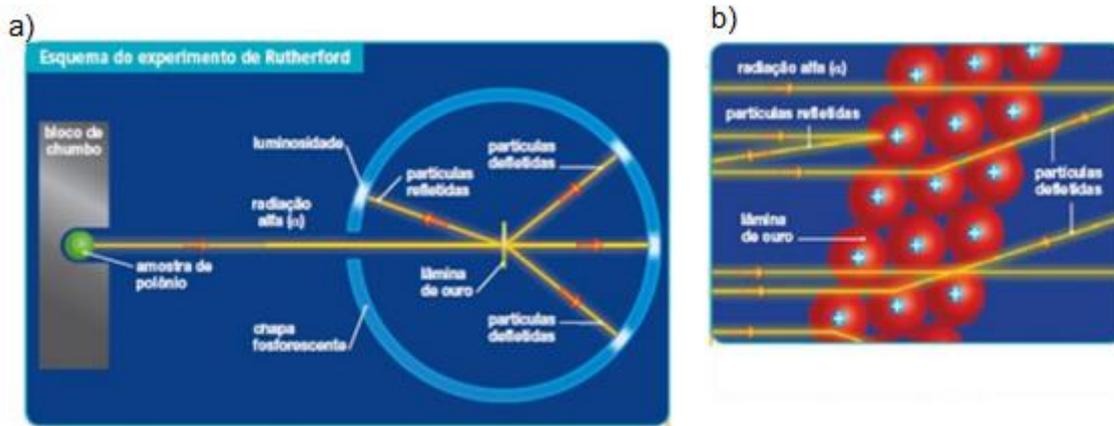


FONTE: Química Cidadã, 2013.

O modelo atômico de Rutherford é inserido num contexto envolvendo fenômenos de radiação, direcionando a atenção do aluno às características do átomo no que tange o processo radioativo. O conceito de radioatividade é feito, no entanto, de maneira superficial, abordando a descoberta do casal Curie e estudos sobre Röntgen, que ganharia mais destaque com uma explanação histórica sobre a descoberta da radioatividade e sua importância para a humanidade, salientando também os acidentes radioativos como Fukushima, Goiânia e Chernobyl. (DE ALMEIDA SILVA *et al*, 2021).

Na sequência, o modelo de Rutherford é o que traz uma melhor interpretação para a natureza atômica, onde se pode observar a ligação do modelo representado com o comportamento do experimento envolvendo o bombardeamento de partículas alfa sobre a folha de ouro. A representação de Rutherford é formada pela delimitação entre a região central maciça chamada de núcleo e a região periférica chamada de eletrosfera. O LD explicita na representação como o experimento se comporta na figura "a" (de critério C6, de Ilustração de experimento) e, em seguida, a razão do fenômeno na figura "b" (de critério C4, representação submicroscópica). (MELO e NETO, 2013).

**FIGURA 9** – Representação do experimento de Rutherford

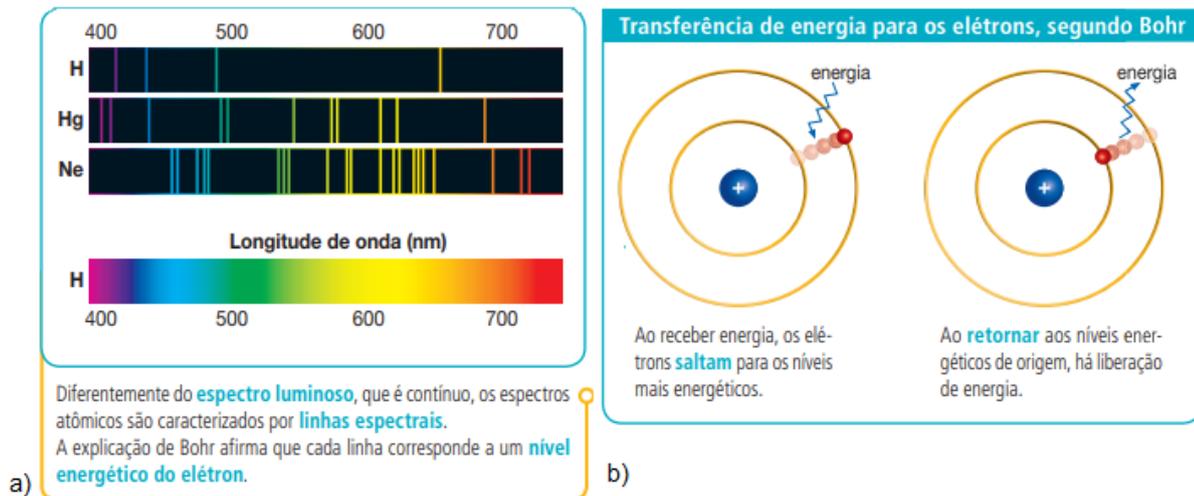


FONTE: Adaptado de Química Cidadã, 2013.

Os autores do LD Química Cidadã sugerem uma problematização a respeito do modelo de Bohr, relacionando a questão conceitual do átomo e o espectro de luz emitido por um átomo de hidrogênio na região da luz visível. Fomentando um questionamento que vise um aprimoramento cognitivo no processamento de novas informações.

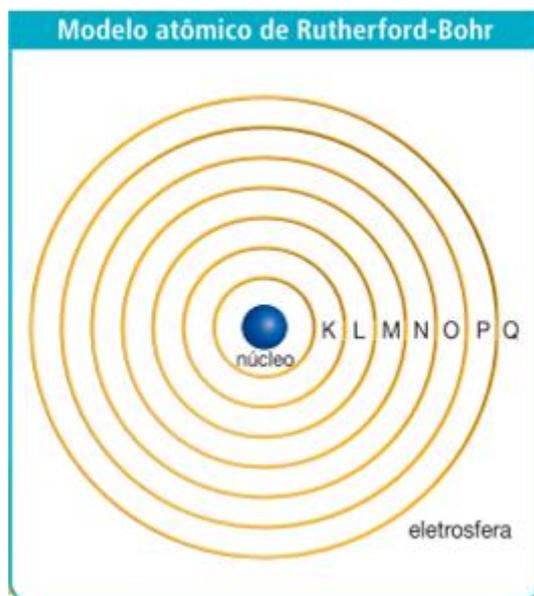
O LD explica que as emissões luminosas acontecem em frequências diferentes em linhas espectrais, fundamentando o modelo postulado por Bohr, de forma que a disposição dos elétrons ocorre em camadas de energia distintas. A figura 10 ilustra o paralelo entre as linhas espectrais da figura "a" (que é resultado de um procedimento experimental, enquadrado no critério C6, de Ilustração de experimento) e o fenômeno de excitação dos elétrons, na figura "b" (de critério C4, representação submicroscópica), já a figura 11 ilustra o modelo atômico de Rutherford-Borh (de critério C4).

**FIGURA 10:** Representação das linhas espectrais (a) e a transferência de energia para os elétrons (b).



FONTE: Química Cidadã, 2013.

**FIGURA 11:** modelo atômico de Rutherford-Borh abordando as sete camadas do átomo.



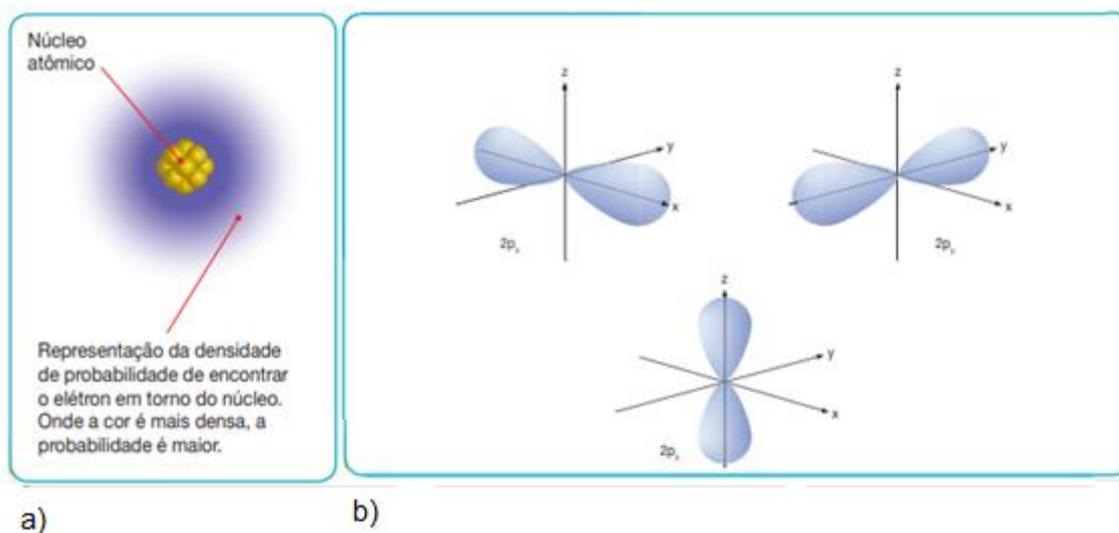
FONTE: Química Cidadã, 2013.

Com o advento da Mecânica Quântica houve um aprimoramento no modelo de Rutherford-Borh, chegando-se ao modelo quântico, ilustrado na FIGURA 12 "a" de critério C4 (Representação submicroscópica), conjuntamente com as orientações do orbital p na FIGURA 12 "b", de critério C4.

Normalmente o conteúdo sobre massa atômica, que poderia estar associado diretamente a modelos atômicos, se enquadra mais comumente na organização da tabela periódica, no entanto uma precedente problematização da temática envolvendo massa atômica evidenciaria a importância conceitual de modelo atômico e a eventual organização atômica dos elementos.

Os modelos de Dalton (1766 -1844) e Thompson (1856-1940) não trazem elementos que se encaixem adequadamente à tabela periódica do químico russo Dmitri Mendeleiev (1834-1907), devido às partículas que eventualmente não tinham sido contempladas nos modelos atômicos destes químicos como os isótopos, contudo provavelmente poderiam ser enquadrados nos agrupamentos periódicos feitas por predecessores como Johann W. Döbereiner (1780 –1849), que elaborou a “lei das tríades”, Alexander B. de Chancourtois (1820 -1886), formulando o chamado “parafuso telúrico” e John A. R. Newlands (1837 -1898), desenvolvendo a “Lei das Oitavas” (ATKINS, 2018; DE ALMEIDA SILVA *et al*, 2021).

**FIGURA 12** – Representação do modelo quântico (a) e as orientações do orbital p (b).

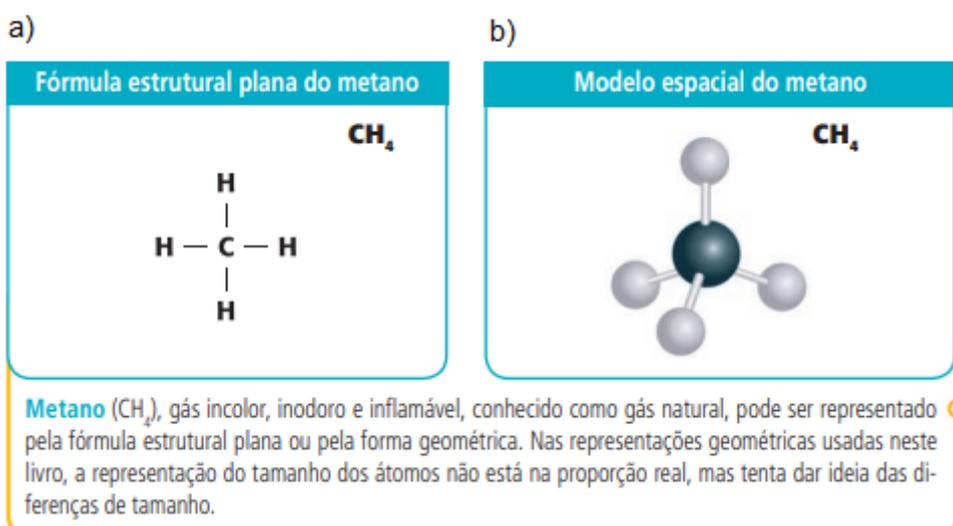


FONTE: Química Cidadã, 2013.

No capítulo 8 o LD aborda a geometria molecular, abrindo caminho para mais representações, das quais o modelo de Dalton é o mais proeminente referencial. A

figura 13 ilustra duas representações de uma molécula de metano, à esquerda (item “a”) representa a comparação entre sua fórmula estrutural e condensada (de critério C3, ou seja, representação simbólica), e a direita (item “b”) a comparação entre sua fórmula condensada e tridimensional (de critério C3, representação simbólica, e C4, de representação submicroscópica, respectivamente).

**FIGURA 13:** As representações de uma molécula de metano na forma estrutural (a) e tridimensional (b).



FONTE: Química Cidadã, 2013.

No decorrer dos capítulos o LD traz inferências a tópicos da história das ciências (ver figura 14), de critério C7 (de Ilustração histórico-científica), e timidamente direcionadas à filosofia da ciência, como é evidenciado no trecho abaixo:

Essa nova forma de estudar processos químicos já era aplicada por vários cientistas e tem os trabalhos de Lavoisier como um marco na mudança de paradigma no estudo dessa área de conhecimento. Paradigma é o padrão ou o modelo que norteia nosso modo de viver, trabalhar, fazer Ciência. É pela mudança de paradigmas, de acordo com o físico e filósofo alemão Thomas Kuhn [1922-1996], que a Ciência se desenvolve. Essas mudanças são também chamadas Revoluções Científicas. FONTE: Química Cidadã, p.77, 2013.

**FIGURA 14:** Retrato de Antonie-Laurent e Marie-Anne Lavoisier.



FONTE: Química Cidadã, 2013.

Contudo, os autores da obra “química cidadã” não se interessam em expandir as discussões filosóficas que precederam as concepções norteadoras do desenvolvimento da ciência, como conhecida hoje, bem como no desenvolvimento do próprio LD em questão.

### **9.3 ANÁLISE SEMIÓTICA DAS REPRESENTAÇÕES NO LD E DOS MODELOS ATÔMICOS**

Elementos semióticos estão presentes no ensino de Química e na própria ciência química, tendo em vista a relação entre o signo e a Química, a linguagem e todo processo cognitivo (SILVA e SOARES, 2018).

Percebeu-se que os autores Almeida Silva *et al* (2021) buscaram fazer uma abordagem inicial a partir de uma ótica macroscópica, discorrendo sobre as transformações da matéria e suas propriedades (capítulo 1) e os métodos de separação (capítulo 2). No capítulo seguinte, onde se fala dos constituintes das substâncias, fica evidente que é dedicada atenção à linguagem química, pois esta linguagem é introdutoriamente trabalhada no subitem 4, do capítulo 3. No capítulo 4 é fundamentada a necessidade de compreender o que são os átomos para aplicá-

los no estudo dos gases e enfim chegar aos modelos atômicos que são visto no capítulo 5.

Existe uma intrínseca relação entre a abordagem conceitual dos modelos atômicos e o desenvolvimento da representação semiótica, cujo significado depende da união entre o plano de expressão e o plano de conteúdo. (HJELMSLEV, 1979).

Quando os autores da obra expõe inicialmente um conteúdo voltado ao nível macroscópico da matéria, contribui para um nível de abstração que favorece a estruturação cognitiva sobre os modelos atômicos, em outras palavras o diálogo entre o nível macroscópico e microscópico da matéria corresponde à interligação entre o plano de expressão e o plano de conteúdo.

A parte inicial dos capítulos denominada de “tema em foco” se refere ao emprego dos conceitos, amparados pelo plano de expressão e de conteúdo da função semiótica. Evidenciado por exemplo no capítulo 1 sobre o consumismo tratado como mal do século XXI, onde os planos de expressão e de conteúdo destacam a formação conceitual envolvendo as transformações da matéria, cuja definição utilizada foi “ Transformações químicas, são processos em que há formação de novas substâncias”. (MÓL e SANTOS, *et al*, 2013).

O LD Química Cidadã provoca o aluno a uma reflexão entre os conhecimentos prévios, os conhecimentos propostos no LD e a parte experimental vinculada ao capítulo. Os significados dos signos são formados como uma conjuntura sistematizada, porém ao fim de cada capítulo é resumido os principais conceitos estipulados com o tópico denominado “ o que aprendemos nesse capítulo” e não é proposta uma nova problemática

A abstração é usada corriqueiramente na relação análoga entre o modelo de Dalton (1766 -1844) e a bola de bilhar. Tal modelo é mais bem empregado no estudo dos gases, a partir da compreensão das grandezas volume, pressão e temperatura ligadas ao movimento das partículas, ocasião oportuna para estabelecer uma diálogo entre os conceitos e as associações abstratas. O modelo que melhor representam o modelo de Thompson são as partículas positivas e a carga elétrica negativa representadas na figura 8(a), bem como sua comum analogia é costumeiramente associada ao pudim de passas

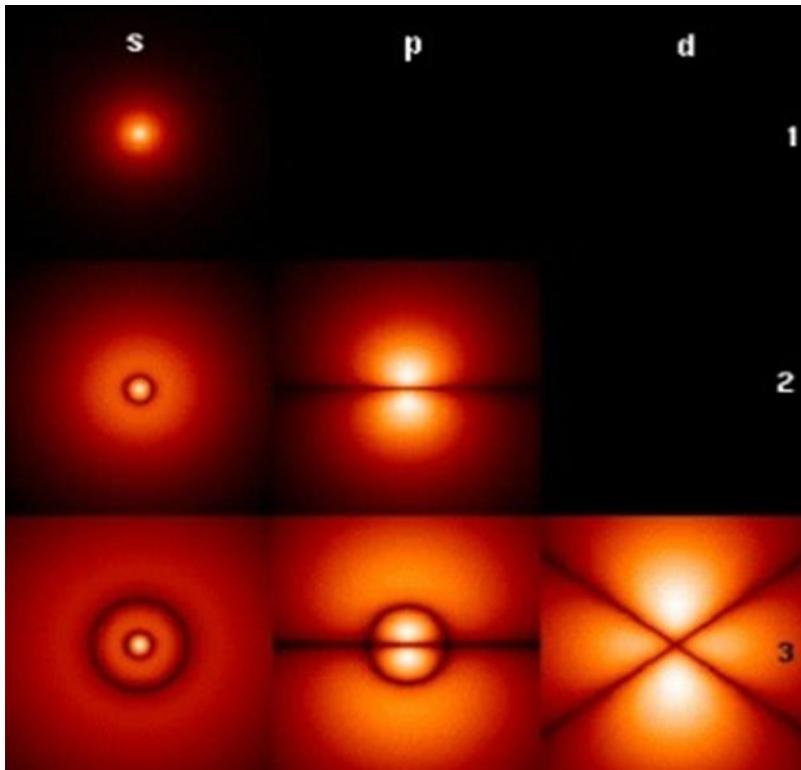
Os autores colocam em um único capítulo todo o conteúdo sobre modelos atômicos, afastando alguns signos que poderiam ser trabalhados conjuntamente. Nos capítulos seguintes os modelos atômicos são abordados na forma textual, direcionando o aluno a uma construção abstrata a fim de viabilizar a interpretação.

O diálogo entre a experimentação científica e a perspectiva teórica contribui para a noção da importância da experimentação no ensino de ciência e na própria ciência. Essa abordagem possibilitaria uma discussão a respeito do real papel da experimentação no processo de se fazer ciência e no ensino da mesma, Construindo uma visão clara sobre o papel do cientista (CHALMERS, 2011).

Na figura 10, no lado esquerdo (FIGURA a) é expresso o plano de conteúdo evidenciando a espectro luminoso emitido, a interpretação é feita pelo plano de expressão, apresentado pelo modelo atômico do lado direito (FIGURA b). É a partir de Bohr que se acrescenta o conceito de níveis energéticos, enumerando sete camadas para o átomo, além disso, os autores apresentam os conceitos de orbitais, frutos de estudos e cálculos matemáticos para a sua elaboração como modelo (SANTOS e MOL, 2013).

Para a representação semiótica e a teoria, é fundamental o diálogo entre o plano de expressão e plano de conteúdo. O LD apresenta as configurações geométricas dos orbitais na forma de orbitais  $2p_x$ ,  $2p_y$  e  $2p_z$  (FIGURA 12 b), bem como da representação da densidade de probabilidade de se encontrar um elétron (FIGURA 12 a). Como sugestão, propõe-se a utilização da Figura 15 (sobre os orbitais do elétron do átomo de Hidrogênio) como alternativa adicional à representação do modelo quântico do LD, como meio termo entre o modelo propriamente dito e as representações dos orbitais.

**FIGURA 15:** Representação dos orbitais do elétron do átomo de hidrogênio para várias energias



FONTE: < [institutedepesquisascientificas.wordpress.com](http://institutedepesquisascientificas.wordpress.com) > : acesso em 24 de janeiro de 2023.

A fim de buscar uma relação singular do estudo do átomo e sua abstração, propõe-se sintetizar representações e conceitos em signos abordados na transformação e compreensão da matéria.

Foi observado que há uma aproximação entre os signos e a abordagem contextualizada dos temas, numa perspectiva semiótica sobre os modelos atômicos, entendendo signo por aquilo que representa algo para alguém. (PIERCE, 2012). Formular os conceitos químicos respaldados por essa visão permite edificar significados e representações associadas a um entendimento conceitual e teórico capaz de viabilizar eficazmente o processo de aprendizagem do aluno. (DE ALMEIDA SILVA, 2021).

Os signos fornecem toda ferramenta necessária para a compreensão de conteúdos de Química, por parte do aluno. Nessa linha, pode-se afirmar que a apresentação dos modelos atômicos no LD é precedida de um trabalho abstrato

entre os planos de expressão e conteúdo. O diálogo entre os planos torna os aspectos representacionais, teóricos e fenomenológicos mais dinâmicos. (HJELMSLEV, 1979).

Por mais que o capítulo 05 concentre todo o conteúdo de modelos atômicos, suas representações são bem trabalhadas no LD, tendo em vista a necessidade de teorização e abstração associadas ao processo semiótico.

Ao longo dos capítulos os temas sobre partículas atômicas, massa atômica, elementos químicos e número atômico aparecem descontextualizados, podendo ser aproximados já que os modelos atômicos de Dalton, Thompson e Rutherford trazem aspectos quantitativos bem como o conteúdo de massa atômica. Os conceitos englobam o caráter teórico e representacional, não destacando o aspecto fenomenológico, também necessário para o entendimento dos signos de compreendem a ideia do átomo, a partir de um processo semiótico.

Os construtos científicos se formam a partir da interpretação de evidências e da interação do homem e o meio. A teoria física é um sistema de representações baseados em dois tipos de signos: o matemático e o linguístico. No caso dos linguísticos, dizem respeito ao conjunto de enunciados que procuram explicar determinados fenômenos, já o matemático é um sistema axiomático, elaborado dedutivamente, que procura expressar os enunciados por relações e equações. Na teoria química, a interpretação envolve, além do signo matemático e linguístico, o nível microscópico, numa representação pictórica. (DE ALMEIDA *et al*, 2011).

As representações visuais configuram um recurso de que aluno dispõe no LD, capaz de permitir a comunicação do conhecimento científico para o mundo escolar. Sendo a imagem uma forma de linguagem, deve haver harmonia em suas representações. O LD é composto por três principais formas de linguagem: a linguagem verbal, em textos, imagética, em fotografias ou diagramas e matemática, em equações ou tabelas (SANTAELLA e NÖTH, 1998).

Optaremos neste trabalho em tratar a imagem como toda forma de comunicação não verbal.

A principal função das imagens no livro didático é o de torna-lo atrativo ao leitor. É necessário destacar que a imagem por si só não gera conhecimento.

Todavia, alunos que conseguem interpretar as imagens a nível atômico-molecular também adquirem maior domínio conceitual. Por outro lado, muitas vezes o uso de imagens pode não trazer os feitos desejados, ou seja, quando interpretada de forma literal, sendo imediato correspondente entre ela e aquilo que ela representa. A imagem é usada para representar algo para alguém, nessa perspectiva é tratada como signo.

O mundo apresenta infinitos sinais, gestos, palavras, imagens, que estão aí para serem percebidos, compreendidos e interagidos, por nossa experiência, instinto e nossa linguagem (SANTAELLA e NÖTH, 1998).

A maioria das entidades químicas é representável e em cada nível de representação pode haver diferentes semioses, ou seja, a produção de significados através de signos linguísticos contribuem para o conhecimento da natureza do signo. O nível macroscópico do conhecimento químico destaca a categoria indicial e simbólica, já no nível submicroscópico, predomina a categoria icônica e simbólica. No nível simbólico são encontradas todas as qualidades de significação semiótica (ROZENTALSKI e PORTO, 2018)

Os signos que estão relacionados com o objeto por conta de uma lei ou convenção são chamados de símbolos, não dependem de si mesmos como o caso dos ícones. Qualquer palavra é um símbolo, pois não se refere a algo em particular, mas a um conjunto de coisas próprias da língua. Normalmente após uma aula laboratorial o professor faz inferências de forma oral sobre situações experimentadas pelos alunos como variação térmica, mudança de cores, cheiros, e tudo isso direciona o estudante ao nível de conhecimento pretendido (REZENDE e WARTHA, 2011).

As figuras estáticas representando os átomos em modelos atômicos no livro didático ou virtuais, ou ainda modelos concretos estilo bola-vareta configuram um ícone, pela semelhança com o objeto, porém é válido ressaltar que o conjunto bola-vareta é considerado pertencente ao nível simbólico do conhecimento.

Levando-se em consideração o primeiro contato dos alunos com o GRÁFICO 5 do LD na aula de Química, esta primeira impressão é a primeiridade, nesse estágio o estudante não tem em mente qual fenômeno o gráfico se refere, em outras

palavras a que o signo se refere. Na relação do signo em si mesmo, que é a significação, em se tratando da qualidade do signo temos um quali-signo, em relação do signo com o objeto temos um ícone, que é a “figura” apresentada que ainda será caracterizada. Na relação do signo com o interpretante temos a rema, que é a imagem que se forma na mente do aluno. Quando essas três conexões são estabelecidas podemos concluir que as relações de significação, objetivação e interpretação foram atingidas.

Após o contato do aluno com o quali-signo icônico, que é o gráfico, formou-se um interpretante remático. Uma vez estabelecidas às conexões necessárias, ou seja, perceber que o gráfico representa algo, o aluno pode se questionar e investigar sobre o objeto da representação, os problemas como relação ao aumento e diminuição do volume e os efeitos da pressão, bem como de possível variação ou não da temperatura de uma transformação isotérmica, constituindo uma relação diádica, ou seja, uma relação de dependência entre dois termos (Secundidade).

Ao resolverem os problemas envolvidos, adentram a categoria de Terceiridade, pois para solucioná-los os estudantes seguem uma lei (o gráfico e a elaboração de uma função matemática que permite fazer generalizações sobre o comportamento das substâncias analisadas neste gráfico). Na relação do signo consigo mesmo temos um legi-signo; na relação com o signo com o objeto temos um símbolo, e na relação do signo com o interpretante temos um argumento. Quando o olhar aluno para o gráfico estiver voltado para a interpretação, as explicações, a análise e generalizações, a relação triádica é formada. Em síntese, o processo de construção do conhecimento químico sobre o fenômeno da transformação isotérmica se inicia com um quali-signo icônico com interpretante remático, passando posteriormente para o sin-signo indicial com interpretante dicente e por fim na dedução nos legi-signos simbólicos, gerando argumentos como interpretantes.

A fórmula condensada do metano (da figura 13 “a”) é um exemplo de índice, sendo a letra **C** representação do carbono, **H** representação do hidrogênio. A figura nos mostra duas representações diferentes para o mesmo composto que é o metano, nos permitindo fazer um paralelo entre duas categorias semióticas, o símbolo e o ícone, enquanto a sua fórmula estrutural condensada se enquadra como símbolo, pois envolve convenções da linguagem química e corresponde à dimensão

simbólica do conhecimento, o objeto molecular tridimensional também pertence ao nível simbólico, pois envolve uma representação, porém é de caráter icônico, devido à semelhança com o objeto de referência, que no caso é a molécula do metano.

Podemos citar também o exemplo do metano, na figura 13 “b”, na sua forma tridimensional ou como um modelo molecular bola-vareta como correspondente de ícone (primeiridade) no contexto de geometria molecular. Por semelhança com a teoria de Dalton as bolas de tonalidade mais claras simbolizam os átomos de hidrogênio, a bola mais escura representa o átomo de carbono e as linhas representam as ligações químicas. Nesse exemplo de ícone, uma pessoa sem o básico de conhecimento químico, ou seja, sem o devido interpretante, poderá identificar no ícone o objeto molecular com unidades distintas separadas por algo que as une. Obtêm-se, então, significação por semelhança de propriedades entre o ícone, que é o objeto molecular e seu objeto, que é o ente molecular (SILVA, 2007).

A depender da forma que a aula de Química for ministrada pelo educador, a representação mental do estudante poderá ser um ícone, evoluir para um índice e passar para um símbolo. A imagem molecular do metano será para o químico um símbolo, ao passo que poderá ser para um aluno um ícone, a depender das conexões estabelecidas pelo estudante.

Acontece muitas vezes, que estudantes não fazem as relações necessárias, como por exemplo, não conseguem evoluir de um ícone para um índice e símbolo, apenas memorizando a representação icônica, conseqüentemente estará se gerando uma semiose degenerada, sem a formação de um interpretante e as sucessivas semioses.

A relação triádica em Peirce é cumulativa, ou seja, algo que adentre na secundidade contém também a primeiridade, mas o inverso não se aplica. No âmbito do conhecimento químico, é necessário ressaltar que o nível submicroscópico deve ser construído com conceitos e propriedades incorporados aos já estabelecidos, formando sucessivas semioses.

Quando se faz uso de recursos como imagens virtuais de modelos moleculares bem como de objetos concretos, deve-se destacar o caráter icônico e não indicial, afastando a ideia que átomos tenham as cores representadas pelos objetos ou que

as ligações sejam bastões. É válido mencionar que um mesmo signo poderá adquirir qualidades indiciais, icônicas e simbólicas, ou seja, analogias, metáforas, figuras, gráficos podem adquirir caráter de ícone, índice ou símbolo, a depender daquele que os interpreta.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de constatada a problemática envolvendo o processo de ensino e aprendizagem em Química no cenário atual, este trabalho investigou as possíveis causas, amparado pela literatura. A análise revelou que o modo com o que as inscrições são apresentadas necessita ser bem utilizada, afim de que o objetivo com a representação seja atingido. A pesquisa demonstrou pontuais dificuldades que os alunos podem enfrentar quanto às inscrições, que no lugar de favorecer a aprendizagem química, acaba por vezes dificultando o processo.

Dos diferentes modelos de inscrições, observados ao longo dos resultados deste trabalho, se destacaram gráficos, desenhos e fotografias. Na maioria dos LDs o erro conceitual referente ao uso indevido do termo “estado” é comum, mas não é o caso da coleção selecionada “Química Cidadã”. A relação inscrição-texto pode acontecer com a estruturação de cada tipo de inscrição no determinado texto ou com ligação da inscrição com o texto, de forma que se possa haver a interpretação de seus significados. É importante que a inscrição seja fiel ao texto, afim de que possa haver as correlações necessárias, levando em consideração que a Química é ciência visual.

Além da preocupação com as imagens, deve-se ter em mente o uso adequado das analogias. A forma com que as analogias são abordadas, tanto pelo LD quanto pelo educador, podem prejudicar na construção do conhecimento científico. Parte do problema está na dificuldade do aluno em migrar do conhecimento macroscópico para o submicroscópico e vice-versa (o trânsito entre os níveis de conhecimento propiciam a formação de imagens mentais, favorecendo o processo de aprendizagem). Anteriormente as teorias eram formadas principalmente com fenômenos observáveis, contudo, com o passar do tempo estas teorias ganharam

caráter inobservável e isto contribuiu para a necessidade de formação das imagens mentais, advindas do campo semiótico.

Como sugestão para aperfeiçoar o processo de aprendizagem, poderíamos citar a continuidade dos estudos sobre educação Química, alinhando desde os conceitos Químicos até o uso devido das imagens, não obstante, os autores dos LDs devem se preocupar, além das inscrições, com as devidas sinalizações das mesmas, indicando os elementos lúdicos utilizados e os objetivos cognitivos a serem alcançados. É necessário que o aluno adentre mais no conhecimento científico, não somente como um paralelo com o dia adia, mas com uma maior complexidade das teorizações em sala de aula.

Na análise semiótica em referência aos modelos atômicos, mostrados neste trabalho, sobre nos LDs, houve um estreitamento entre o signo e o conceito a ser compreendido. A formulação conceitual fundamentada neste princípio propicia o desenvolvimento da significação e a possível representação do objeto de estudo, viabilizando maior aprendizagem. O diálogo entre o plano de expressão e o plano de conteúdo delinea um exercício abstrato, que por sua vez facilita a reflexão, como resultado do processo semiótico. A comunicação entre os dois planos dinamizam a questão representacional, bem como o aspecto fenomenológico ou empírico e o teórico conceitual. Houve momentos onde as representações dos modelos atômicos ou constituintes da matéria não facilitavam este exercício de abstração necessário.

A Química é comumente tratada como disciplina de difícil entendimento, contudo, depois da análise semiótica, podemos observar que os problemas de aprendizagem podem também estar relacionados a uma má compreensão da linguagem. A linguagem designa os fatos da realidade através de proposições e para se chegar a essas proposições é necessária uma análise da linguagem, contudo a Química possui sua própria linguagem que muitas vezes dificulta a aprendizagem do aluno.

Os alunos participantes da pesquisa sobre as concepções dos modelos atômicos poderiam, depois de uma aula sobre o conteúdo, desenvolver explicações para as muitas cores dos fogos de artifício, baseando-se em modelos mentais, mas não atingiram no início o nível de abstração desejada. A maior dificuldade no processo de ensino e aprendizagem em Química consiste na restrição no ensino a

apenas dois níveis do triângulo, que são os níveis macroscópico e simbólico, impossibilitando o aluno de correlacionar o nível submicroscópico aos demais.

Na relação semiótica, a ação da Química interage com a realidade, a partir de experimentos, que são índices e as interpreta produzindo modelos e teorias, que por sua vez, trazem outros signos de natureza icônica e simbólica, como desenhos de estruturas moleculares e equações químicas. Então para contribuir com o trânsito dos níveis de conhecimento, por parte do aluno, damos também a sugestão de enriquecer os LDs com inscrições voltadas a experimentos de baixo custo, que possam ser reproduzidos em sala de aula. Além das pinturas, desenhos, fotografias, gráficos a semiótica envolve a escrita, geometria e elementos não verbais, como a apreciação de mudanças de cor, fenômenos luminosos e odores que viabilizem, numa aula prática, a familiaridade do aluno na busca pelo conhecimento científico.

Na semiótica existem variados significados para “representação”, que comumente se situam entre a apresentação e a imaginação. Gradativamente a Química adquiriu um caráter mais visual, ou seja, cujas representações de suas teorias e unidades submicroscópicas tendiam a um caráter realista. No estudo das ciências ter uma imagem ou representação ajuda na construção dos conceitos. A representação de um conteúdo ou elaboração de modelos explicativos se dá através de desenhos que visam representar ou simplificar conceitos. É consenso em diversos autores que as imagens têm papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem. Representações semióticas são exteriorizações das representações mentais, que facilitam a comunicação, mas não só isso é essencial para a atividade cognitiva do pensamento, as representações mentais dependem também da interiorização das representações semióticas.

Sob a ótica referente aos modelos atômicos, é necessário romper com a visão de que o átomo foi encontrado e depois estudado, que seria uma perspectiva incorreta, pois o átomo não foi a priori encontrado, mas “existia” somente como teoria. A teoria do atomismo é instrumento para entender o comportamento da matéria, das substâncias químicas, mas alguns cientistas acreditavam ser inapropriado esboçar uma postura realista devido ao caráter especulativo dessas entidades atômicas, contudo, o cenário que envolveu os desafios quanto a sua

aceitação, não é retratado nos livros didáticos, que tendem a expor o desenvolvimento dos modelos atômicos de modo cumulativo e descontínuo.

É comum nos LDs, incluindo na obra *Química Cidadã*, a primeira concepção sobre o átomo, remontar a Grécia antiga e os filósofos da antiguidade. Pesquisas têm apontado que estudos sobre filosofia da Ciência possibilita a reflexão, a fim de favorecer o entendimento de conceitos científicos e amplia o interesse do aluno. O LD *Química Cidadã* se posiciona em favor da perspectiva de Thomas Kuhn, porém não menciona todo o contexto envolvido, nem outras vertentes de pensamento. A visão química é por vezes amparada no positivismo, racionalismo e reducionismo, sem a análise e reflexão devidas. Como sugestão tem-se a mescla de princípios históricos, socioculturais e filosóficos, a fim de melhorar o processo reflexivo e a imagem da Química (vinculada à produção de bens materiais de consumo e ao laboratório), distante da realidade do aluno, mas sempre é importante que os LDs contextualizem a formação de novos materiais que contribui para as formas estéticas da Química, causando maior atratividade e desvencilhando a imagem negativa gerada pelos prejuízos ambientais, acidentes químicos e a Química usada como arma de guerra, observados ao longo dos anos. A matematização da Química, com fórmulas e equações, é insuficiente no ensino e aprendizagem de Química, sendo necessário que haja incentivos para a investigação, imaginação e criatividade. É necessário, também, um conjunto de mudanças nos cursos e métodos, amparados por estudos de educação em Química.

Em suma, podemos constatar que o processo semiótico acompanha o desenvolvimento cognitivo do aluno, frente aos conhecimentos adquiridos ao longo das aulas de Química, contudo, nem sempre os níveis semióticos desejados são alcançados, em decorrência de defasagens anteriores, como dificuldades em interpretação, dificuldades em leitura, em contas matemáticas básicas ou até no uso correto da lógica. Tendo isso em vista, recorrendo ao aspecto visual da ciência Química, propõe-se criar uma “ponte” entre as representações semióticas, seja dos LDs ou apresentadas pelo educador, e as representações mentais, intermediadas pelo docente, a fim de proporcionar ao aluno todas as dimensões do objeto de estudo, tornando-o capaz de questionar e refletir sobre os limites e extensões de

cada modelo atômico (foco deste trabalho), como ponto de partida para o entendimento da própria ciência, passível de mudanças e contraposições.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÚRIZ-BRAVO, A. (2013). A 'semantic'view of scientific models for science education. *Science e Education*, 22(7), 1593-1611.

ALMEIDA, L. M. W. D., SILVA, K. A. P. D., e VERTUAN, R. E. (2011). Sobre a categorização dos signos na Semiótica Peirceana em atividades de Modelagem Matemática. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 6(1), 8-17.

ALMEIDA SILVA, V. D., da Mata, J. A. V., e FERNANDES, M. D. R. S. (2021). A abordagem semiótica dos conceitos de modelos atômicos na análise de livros didáticos adotados por escolas públicas no município de Goiás. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 42704-42727.

ARAUJO NETO, W. N. D. (2012). Estudos sobre a noção de representação estrutural na educação em química a partir da semiótica e da filosofia da química. *Revista Virtual de Química*, 4(6), 719-738.

ATKINS, P., Jones, L., e LAVERMAN, L. (2018). *Princípios de Química-: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Bookman Editora.

BARROS, D. M. V., ALONSO GARCÍA, C. M., e FERREIRA DO AMARAL, S. (2008). Estilo de uso do espaço virtual.'Estilo de uso del espacio virtual'. *Revista de estilos de aprendizaje*.

BENDASSOLLI, P. F., & GUEDES GONDIM, S. M. (2014). Significados, sentidos e função psicológica do trabalho: Discutindo essa tríade conceitual e seus desafios metodológicos. *Avances en psicología latinoamericana*, 32(1), 131-147.

BENVENISTE, E. *Problèmes de linguistique générale*, 2, Paris: Gallimard, 1974

BEN-ZVI, R., SILBERSTEIN, J., e EYLON, B. S. (1987). Students' visualization of a chemical reaction. *Education in chemistry.*, 24, 117-120.

BEN-ZVI, R.; SILBERSTEIN, J.; MAMLOK, R. Macro-micro relationships: A key to the world of chemistry. Relating macroscopic phenomena to microscopic particles, p. 183-197, 1990.

BERNAL, A., e DAZA, E. E. (2010). On the epistemological and ontological status of chemical relations. *HYLE–International Journal for Philosophy of Chemistry*, 16(2), 80-103.

BORGES, A.T. Um estudo de modelos mentais. *Rev. Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, 1997.

BRANDÃO, R. T. P. (2015). Estruturalismo e pós-estruturalismo: uma arqueologia dos conceitos e o lugar ocupado por Foucault. *Estação Científica (UNIFAP)*, 5(1), 33-46.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

BRASIL, Ministério da Educação. Guia de livros didáticos: PNLD 2013: Ciências. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes curriculares nacionais da educação básica. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2015.

BRESSON, F. Les fonctions de Représentations e de communication. *Psychologie* (Eds. Piaget, Mounoud, Bronckard) *Encyclopédie de la pleiade*. p. 933-982, 1987.

CARVALHO, G. C. D., e SOUZA, C. L. D. (2003). *Química: de olho no mundo do trabalho*. São Paulo: Scipione, 206.

CARVALHO, A. M. P. Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education*, Abingdon, v. 26, n. 22, p. 225-237, 2004.

CEDRAN, D. P.; CEDRAN, J. C.; KIOURANIS, N. M. M. A importância da simbologia no ensino de química e suas correlações com os aspectos macroscópicos e moleculares. *REnCiMa*, v. 9, n.4, p. 38-57, 2018.

CHALMERS, A. F. (2011). *O que é ciência, afinal?* 1ª Edição. São Paulo: Editora Brasiliense.

DAMASCENO, H. C., BRITO, M. S., e WARTHA, E. J. (2008). As representações mentais e a simbologia química. *Encontro Nacional de Ensino de Química*, 14, 7-8.

DEL RE, G. (1998). Ontological status of molecular structure. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4, 81-103.

DINIS, A. C. (2018). Representação semiótica: uma perspectiva para a construção do conceito de número na educação infantil.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*. Florianópolis, v. 07, n. 2, p.266-297, 2012.

ECO, U. (1988). *Sémiotique et philosophie du langage*, trad. Myriem Bouzaher, Paris, PUF, coll. Formes sémiotiques.

FARIA, D. L. D., e RODRIGUES, C. (2010). Representações mentais e Ciência Cognitiva: dependência excessiva e problemas.

FELTRE, R. *Fundamentos da química – química, tecnologia e sociedade*. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2005.

FERRARA, L. D. A. (1987). A ciência do olhar atento. *Trans/Form/Ação*, 9, 01-07.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. (2013). Idealization in chemistry: Pure substance and laboratory product. *Science e Education*, 22(7), 1723-1740.

FRANCELIN, M. M. (2004). Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ciência da Informação*, 33, 26-34.

FREIRE, N. P. (2021). Divulgação científica imuniza contra desinformação. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26, 4810-4810.

FREIRE-MAIA, Newton. *A ciência por dentro*. 5. ed. Rio de Janeiro : Vozes, 1998.

GIORDAN, M., e GÓIS, J. (2007). Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Cadernos temáticos de química na escola*, (7), 34-42.

GOIS, J. GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de peirce para compreender a representação. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, nº 7, DEZEMBRO, 2007.

GRANGER, G. G. *Langage et épistémologie*. Paris: Klinksieck, 1979.

GROSHOLZ, E. R., e HOFFMANN, R. (2000). How symbolic and iconic languages bridge the two worlds of the chemist: A case study from contemporary bioorganic chemistry. In *Roald Hoffmann on the Philosophy, Art, and Science of Chemistry*. Oxford University Press.

HAN, J., e Roth, W. M. (2006). Chemical inscriptions in Korean textbooks: Semiotics of macro-and microworld. *Science education*, 90(2), 173-201.

HJELMSLEV, L. *Prolegômenos a uma teoria da linguagem*, São Paulo: Editora Perspectiva, 1975.

HJELMSLEV, L. (1979). *Prolegomena do teorii języka,[w:] Językoznawstwo strukturalne. Wybór tekstów*, red. H. Kurkowska, A. Weinsberg, Warszawa, 44-137.

JOHNSTONE, P. T. (1982). Stone spaces (Vol. 3). Cambridge university press.

JOHNSTONE, A. H. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological?. Chemistry Education Research and Practice, 1(1), 9-15.

JOHNSTONE, A.H. The Future Chape of Chemistry Education, Chemistry Education: Research and Practice, v. 5, n. 3, 2004.

JÚNIOR, J. P. F. (2010). Estruturalismo e semiótica: aproximações entre Saussure e Greimas. Revista Espaço Acadêmico, 10(109), 106-115.

KLEIN, U. (Ed.). (2001). Tools and modes of representation in the laboratory sciences (Vol. 222). Springer Science & Business Media.

KOVAC, J. (2001). Gifts and commodities in chemistry. Hyle, 7(2), 141-153.

KOZMA, R. B., e RUSSELL, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 34(9), 949-968.

KNIGHT, D. (2003). Exalting understanding without depressing imagination. HYLE–International Journal for Philosophy of Chemistry, 2003(2), 171-189.

LABARCA, M. Acerca de la naturaleza de la química: algunos comentarios. Educación en la Química, v. 15, n. 2, p. 12-23, 2009.

LABARCA, M. G. (2006). La filosofía de la química y su impacto en la educación en química. Educación en la Química, 12(2), 57-106.

LABARCA, M. G. (2010). Filosofía de La química: a poco más de diez años de su nacimiento. MARTINS, RA; LEWOWICZ, L.; FERREIRA, JMH; SILVA, CC, 414-422.

LABURÚ, C. E., e SILVA, O. H. M. D. (2011). Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em ensino de ciências*, 16(1), 7-33.

LAFOLLETTE, M. C. (2006). Taking science to the marketplace. *HYLE—International Journal for Philosophy of Chemistry*, 12(1), 67-97.

LASZLO, P. (2000). Playing with molecular models. *Hyle*, 6(1), 85-97

LASZLO, P. (2003). Foundations of chemical aesthetics. *HYLE—International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 11-32.

LASZLO, P. On the Self-Image of Chemists, 1950-2000. *HYLE*, v. 12, n.1, p. 99-130, 2006.

LEFFA, V. J. (2009). Se mudo o mundo muda: ensino de línguas sob a perspectiva do emergentismo. *Calidoscópio*, 7(1), 24-29.

LEITE, R. F., & Ritter, O. M. S. (2017). Algumas representações de ciência na BNCC—Base Nacional Comum Curricular: área de Ciências da Natureza. *Temas & Matizes*, 11(20), 1-7.

LEMES, A. F. G., e PORTO, P. A. (2013). Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. *Revista Brasileira de pesquisa em educação em Ciências*, 13(3), 121-147.

LEMKE, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1).

MARCONDES, R., & DA SILVA, D. V. (2022). O Livro Didático de Química, as LDB'seo PNLD: Quais suas Relações?. *Revista Debates em Ensino de Química*, 8(1), 4-38.

MARTINS, E. A., e FERREIRA, M. (2022). Políticas de currículo e as parcerias público-privadas: o movimento pela BNCC e os efeitos para o ensino de Ciências/Química. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 5(2), 183-203.

MAINZER, K., e MAINZER, K. (1997). *Thinking in complexity: The complex dynamics of matter, mind, and mankind* (Vol. 3). Berlin: Springer.

MELO, M. R., e Neto, E. G. L. (2013). Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química nova na escola*, 35(2), 112-122.

MENESES, F. M. G. D., e NUÑEZ, I. B. (2018). Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. *Ciência & Educação*, 24(1), 175-190.

MORTIMER, E. F. (1995). Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na escola*, 1(1), 23-26.

MOURA, B. A. (2014). O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência?. *Revista Brasileira de História da ciência*, 7(1), 32-46.

NOGUEIRA NETO, A.C. e DIAS, J.R.G. *Química para o ensino médio*. 2. ed. São Paulo: IBEP, 2005.

NÖTH, W. Die Karte und ihre Territorien in der Geschichte der Kartographie. In J. Glauser, e C. Kiening (Eds.), *Text – Bild – Karte. Kartographien der Vormoderne* (pp. 39-68). Freiburg: Rombach, 2007.

NÖTH, W. *Semiótica visual*. Tríade, Sorocaba, SP, v.1, n.1, p 13-40, jun. 2013.

NYE, M. J. (1976). The nineteenth-century atomic debates and the dilemma of an 'indifferent hypothesis'. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 7(3), 245-268.

PALACIOS, F. J. P., e García, J. J. G. (2006). ¿ Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 5(2), 3.

PERUZZO, F.M. e CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*; v. 1. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1998.

PERUZZO, F. M., e CANTO, E.L. (2007). *Química na abordagem do cotidiano*. Volume único. 3ed. São Paulo: Moderna.

PEIRCE, C. S. *Semiótica e filosofia*. São Paulo, Cultrix, 1972.

PINHEIRO, R. S. G., e NASCIMENTO, M. T. D. (2018). Análise do currículo referência de Química de uma rede estadual de Educação. *Ciência e Educação (Bauru)*, 24, 659-675.

PLATO, H. G. (1961). *The collected dialogues of Plato*.

PURRINGTON, R. D. (1997). *Physics in the nineteenth century*. Rutgers University Press.

QUEIROZ, J. (2004). *Semiose segundo CS Peirce*. São Paulo: EDUC.

QUEIROZ, J. (2007). Classificações de signos de CS Peirce: de 'On the Logic of Science' ao 'Syllabus of Certain Topics of Logic'. *Trans/form/ação*, 30, 179-195.

RAICIK, A. C., PEDUZZI, L. O. (2015). Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 8(1), 132-146.

RIBEIRO, M. A. P. (2016). A emergência da Filosofia da Química como campo disciplinar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 215-236.

ROEDEL, S. C. D. S., BRANCO, A. B. D. G., & NAGASHIMA, L. A. (2019). O mito da ciência como verdade absoluta e a perspectiva apresentada por licenciandos em ciências biológicas. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10(6), 287-300.

ROZENTALSKI, E., PORTO, P. A. (2018). Diagramas de energia de orbitais em livros didáticos de Química Geral: uma análise sob o viés da semiótica Peirceana. *Ciência & Educação*, 24(2), 449-466.

VYGOTSKY L. S. *Thought and language*. Trad. Hanfmann e Vakar. Cambridge: MIT Press, 1962.

SÁ, M. B. Z., e FILHO, O. S., (2017). Alguns aspectos da obra de Piaget e sua contribuição para o ensino de química. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 190-204.

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

SAUSSURE, F. *Curso de linguística geral*. Tradução de A. Chelini, J. P. Paes e I. Blikstein. 27. ed. São Paulo: Cultrix, 2006. *Cours de linguistique générale*. Charles Bally e Albert Sechehaye (Org.), com a colaboração de Albert Riedlinger [1916].

SCERRI, E. R. Some aspects of the metaphysics of chemistry and the nature of the element. *HYLE*, v. 11, n.2, p. 127-145, 2005.

SCERRI, E. R. The ambiguity of reduction. *HYLE*, v. 13, n.2, p. 67-81, 2007.

SCHUMMER, J. (1997). Towards a Philosophy of Chemistry. A short extract of this paper was first read at the 10th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Florence, August 19–25, 1995. *Journal for General Philosophy of Science*, 28(2), 307-336.

SCHNETZLER, R. P., ROSA, M. (1998). Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química nova na escola*, 8, 31.

SCHUMMER, J. (2001). Ethics of chemical synthesis. *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 7(2), 103-124

SCHUMMER, J. (2002). The Impact of Instrumentation on Chemical Species Identity. *From Classical To Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*, London: Royal Society for Chemistry, 188-211.

SCHUMMER, J. (2003). Aesthetics of chemical products. *HYLE–International Journal for Philosophy of Chemistry*, 9(1), 73-104.

SILVA, J. C., Mota, J. M. V., e WARTHA, E. J. (2011). Inscrições químicas em livros didáticos de química: uma análise semiótica das representações sobre fases da matéria.

SILVA, J. G. D. (2007). Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

SILVA, V. D. A., SOARES, M. H. F. B. (2018). O uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino de Química e os aspectos semióticos envolvidos na interpretação de informações acessadas via web. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24, 639-657.

SILVEIRA, E. M. (2009). A teoria do valor no Curso de Linguística Geral. *Revista Letras e Letras*, 25(1).

SJÖSTRÖM, J. (2007). The discourse of chemistry (and beyond). *HYLE: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 13(2), 83-97.

DE SOUZA, K. A. F. D., & PORTO, P. A. (2010). Elementos da semiótica peirceana na educação em Química: considerações e possibilidades.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. How Chemistry Works? Reflections on Triadic  
TALANQUER, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

STEIN, R. L. (2004). Towards a process philosophy of chemistry. *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(4), 5-22.

TREAGUST, D. F., e CHITTLEBOROUGH, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In *Subject-specific instructional methods and activities*. Emerald Group Publishing Limited.

TOMASI, J. (1999). Towards “chemical congruence” of the models in theoretical Chemistry. *International Journal for Philosophy of chemistry*, 5(2), 79-115.

VAN BRAKEL, J. (1999). On the neglect of the philosophy of chemistry. *Foundations of Chemistry*, 1(2), 111-174.

VEMULAPALLI, G. K. Theories of the chemical bond and its true nature. *Foundations of Chemistry*, v. 10, n. 3, p. 167-176, 2008.

VIHALEMM, R. (2011). The autonomy of chemistry: old and new problems. *Foundations of Chemistry*, 13(2), 97-107.

WARTHA, E. J., e REZENDE, D. D. B. (2011). OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA E AS CATEGORIAS DA SEMIÓTICA DE PEIRCE (The levels of representation in de teaching of chemistry and the categories of Peirce's semiotics). *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 275-290.

WARTHA, E. J., e REZENDE, D. D. B. (2015). A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21, 49-64.

WEININGER, S. J. (1998). *Visuality and the Semiotics of Chemistry*. *HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4(1), 3-27.

WU, H. K., KRAJCIK, J. S., e SOLOWAY, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

ZAGO, J. A. (2015). Mito, verdade e um conceito de ciência. *Filosofando*, 3(1).

ZEIDLER, P. (2000). The epistemological status of theoretical models of molecular structure. *Hyle*, 6(1), 17-34.