UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

MARINA GUIGLIELMIN DE GODOY JOAQUIM

Imagens na comunicação do conhecimento em livros didáticos de Química e Física: uma análise à luz da semiótica peirceana.

São Paulo

2017

MARINA GUIGLIELMIN DE GODOY JOAQUIM

Versão Corrigida

Imagens na comunicação do conhecimento em livros didáticos de Química e Física: uma análise à luz da semiótica peirceana.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Interunidades de Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Ciências (Química)

Orientadora: Prof.ª Dr. ª Karina Ap. de Freitas Dias de Souza

São Paulo

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Joaquim, Marina Guiglielmin de Godoy

Imagens na comunicação do conhecimento em livros didáticos de química e física: uma análise à luz da semiótica peirceana. São Paulo, 2017.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino; 2. Imagem; 3. Livro didático; 4. Física – Estudo e ensino; 5. Semiótica.

USP/IF/SBI-007/2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e da sabedoria.

A minha Orientadora Karina, pela paciência, disposição, carinho e apoio dedicados a mim, durante todo o processo de ingresso no Mestrado e desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus pais Horácio e Daisy e aos meus irmãos Rafael e Ricardo que sempre me incentivaram a estudar e a realizar meus sonhos.

Ao meu marido Paulo que me apoiou e me confortou nos momentos de tensão e de dificuldades que passei ao desenvolver essa dissertação concomitantemente com quase 50 aulas semanais.

A minha grande amiga Anielli, por ter me incentivado e me apoiado durante toda essa jornada.

Obrigada a todos que me incentivaram e torceram por mim!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos livros de Química analisados 45
Tabela 2 - Relação dos livros de Física analisados 45
Tabela 3 - Títulos dos capítulos de “Teoria dos gases” analisados nos livros 48
Tabela 4 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Química para “Teoria dos Gases” 53
Tabela 5 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Física para “Teoria dos Gases” 54
Tabela 6 - Títulos do s capítulos que mencionam “Pilhas e baterias”, analisados nos livros 59
Tabela 7 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Química para "Pilhas e Baterias" 64
Tabela 8 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Física para “Pilhas e Baterias” 65
Tabela 9 - Quantidade de imagens por tipo nos livros didáticos 69
Tabela 10 - Uso de fotografia por categoria 70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Construção do conhecimento científico 25
Figura 2: As dez classes de signos possíveis. 38
Figura 3: Exemplos de imagens da categoria Laboratório e Experimentação para Teoria dos Gases.. 49
Figura 4: Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular para Teoria dos Gases 50
Figura 5: Exemplos de imagens da categoria Modelo atômico-molecular para Teoria dos Gases. 50
Figura 6: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano para Teoria dos Gases. 51
Figura 7: Exemplos de imagens da categoria História da Ciência para Teoria dos Gases. 51
Figura 8: Exemplos de imagens da categoria Gráficos para Teoria dos Gases. 52
Figura 9: Exemplos de imagens da categoria Tabelas para Teoria dos Gases. 52
Figura 10: Exemplo de imagens da Categoria Modelo atômico-molecular 58
Figura 11: Exemplos de imagens da categoria Laboratório e Experimentação para “Pilhas e baterias”. 60
Figura 12:Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular para “Pilhas e baterias”. 61
Figura 13: Exemplos de imagens da categoria Modelo atômico-molecular para “Pilhas e baterias”. . 61
Figura 14: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano para “Pilhas e baterias”. 62
Figura 15: Exemplos de imagens da categoria História para “Pilhas e baterias”. 62
Figura 16: Exemplos de imagens da categoria Gráficos para “Pilhas e baterias”. 63
Figura 17: Exemplos de imagens da categoria Tabelas para “Pilhas e baterias”. 63
Figura 18: Representação esquemática de pilhas ligadas em paralelo no Livro F3. 68
Figura 19: Representação esquemática de pilhas ligadas em série e em paralelo nos livros de Química 69
Figura 20: Tabelas apresentadas no Livro Q3 sobre Teoria dos Gases 72
Figura 21:Sugestões de experimentação nos livros de Física. 75
Figura 22: Sugestão de experimento investigativo. 76
Figura 23: Sugestão de experimentos investigativos nos livros de Química. 77
Figura 24: Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular classificadas como sin-signo icônico. 79
Figura 25: Exemplos de réplicas para a categoria Experimentação com modelo atômico-molecular. 81
Figura 26:Exemplos de imagens classificadas como legi-signos icônicos na categoria Modelo atômico molecular 83
Figura 27: Exemplos de imagens classificadas como réplicas na categoria Modelo atômico molecular 83
Figura 28: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano que fazem um questionamento ao estudante. 85
Figura 29: Exemplos de Imagens para a Categoria História da Ciência, feitas em caixas de texto..... 87
Figura 30: Exemplos de imagens da categoria Gráficos que relacionam as variáveis analisadas em Teoria dos gases. 89

Figura 31: Função do gráfico para o conteúdo de Teoria dos Gases 91
Figura 32: Tabela de comparação entre as abordagens de Física e Química sobre a pilha de Daniell . 92
Figura 33: Diferentes formas de representação das partículas dos gases. 95
Figura 34: Representação atômico-molecular dos gases do livro F3. 96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Química 53
Gráfico 2: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Física 55
Gráfico 3: Comparação entre as médias de imagens por categoria no conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Física e Química 56
Gráfico 4: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de "Pilhas e Baterias" nos livros de Química. 64
Gráfico 5: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Pilhas e Baterias nos livros de Física 66
Gráfico 6:Comparação entre as médias de imagens por categoria no conteúdo de Pilhas e Baterias nos livros de Física e Química 67
Gráfico 7: Distribuição do total de imagens analisadas por categorias para os Livros de Física e Química 97
Gráfico 8: Distribuição do total de imagens analisadas por tipo para os Livros de Física e Química ... 98

RESUMO

O presente trabalho visa contribuir para as reflexões acerca da filosofia da Química, em especial as relacionadas às estratégias e especificidades empregadas na comunicação de seu conhecimento. Como objeto de pesquisa apresentam-se as imagens empregadas nas discussões de conteúdos que são abordados em livros didáticos de Física e Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2015 (PNLD – 2015), analisadas à luz da semiótica peirceana. Tais imagens, bem como seu contexto, foram analisadas sob duas perspectivas: **o que** se pretende comunicar, através da categorização das imagens frente ao tipo de conteúdo veiculado, **e como** tal comunicação é realizada, utilizando-se da classificação dos signos proposta pela semiótica peirceana. Em relação ao primeiro aspecto, percebeu-se que as imagens referentes ao "*Cotidiano"* e "*Laboratório e Experimentação"* predominam em ambas as disciplinas, com destaque para "*Gráficos"*, nos livros de Física e "*Tabelas"*, nos livros de Química. Quanto ao tipo de imagens apresentadas pelos livros há predominância de Fotografias e Desenhos, sendo que há mais desenhos nos livros de Física e mais Fotografias em livros de Química. Analisando a função das imagens presentes nos livros, pode-se inferir que elas são usadas principalmente para exemplificação e contextualização dos assuntos trabalhados, bem como representação dos aparatos usados para experimentação. Tendo esse uso, as imagens são majoritariamente sin-signos indiciais, pois representam um objeto existente. Há, no entanto, imagens que apresentam caráter mais icônico, uma vez que buscam representar e demonstrar o comportamento das partículas submicroscópicas. Uma vez que essa iconicidade reflete um tipo de postura adotado pelos autores do livro, percebeu-se que os livros de Química tendem a ter posturas mais realistas que os livros de Física, uma vez que foi observado a presença de mais imagens icônicas, que representam e "materializam" as partículas presentes nessas representações.

Palavras chave: Imagens, Livro didático, Química, Física, Semiótica peirceana.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the reflections on the philosophy of Chemistry, those related to the strategies and characteristics used in the communication of their knowledge. As a research object are the images used in the content of discussions that are covered in textbooks of Physics and Chemistry approved by the National Textbook Program 2015 (PNLD - 2015), analyzed in the light of Peirce's semiotics. Such images and their context were analyzed from two perspectives: **what** you want to communicate through the categorization of images of the type of content posted, and **as** such communication is carried out, using the classification of the proposed signs by Peirce's semiotics. Regarding the first point, it was noticed that the images for the *Daily Life and Laboratory and Experimentation* predominate in both disciplines, especially *charts* in Physics Books and *tables* in Chemistry books. Regarding the type of images displayed by the books there is a predominance of *Photographs and Drawings,* there are more *designs* in Physics books and more p*hotos* in Chemistry books. Analyzing the function of these images in the books, it can be inferred that they are mainly used for exemplification and contextualization of the issues worked as well as representation of the objects used for experimentation. With this use, the images are mostly indexical sin-signs, they represent an existing object. There are, however, images that have more iconic character, since seek to represent and show the behavior of submicroscopic particles. Since this iconicity reflects a posture adopted by the authors of the book, the Chemistry books tend to have more realistic positions that Physics books, as it was observed the presence of the most iconic images representing and "materialize" the particles present in these representations.

Keywords: Images, Textbook, Chemistry, Physics, Peirce’s Semiotics.

Sumário

1. Introdução 13
2.1 Filosofia da Ciência 15
2.1.1 Reducionismo 19
2.1.2 Realismo 21
2.2 A construção e comunicação dos conhecimentos químico e físico – papel dos modelos 24
2.3 Os livros didáticos 28
2.3.1 Pesquisas com livros didáticos 30
2.3.2 Imagens nos livros didáticos 31
2.4 Semiótica peirceana 35
3. Metodologia 41
4. Resultados e discussão 45
4.1 Resultados Quantitativos 47
4.1.1 “Teoria dos Gases” 47
4.1.2 Pilhas e Baterias 59
4.1.3 Tipos de imagens presentes nos livros 69
4.2 Resultados Qualitativos 74
4.2.1 Análise da função das imagens sob a perspectiva semiótica 74
4.2.2 Comparação entre as abordagens da Física e da Química. 92
4.2.3 Representação atômico-molecular das partículas 94
5. Considerações finais 97
Referências bibliográficas 101
Anexos 112

1. Introdução

É tema recorrente entre professores, entre os quais me insiro, a dificuldade de aprendizagem dos alunos e estratégias que poderiam ser adotadas para melhorar suas aulas. Não raros os casos, os relatos sobre dificuldade de aprendizagem versam sobre conteúdos ou habilidades trabalhadas em mais de um componente curricular. A forma de abordagem, ou a linguagem utilizada em cada componente curricular também podem ser elementos dificultadores desse processo, o que pode ser observado, por exemplo, nos casos da Química e Física, que procuram comunicar seus conhecimentos de formas específicas e a partir de linguagem própria. Essas particularidades, as estratégias usadas por essas áreas podem ser aclaradas através de estudos sobre a filosofia da Física e da Química, que podem apontar suas características, pressupostos históricos e intenções.

Nesse trabalho buscou-se analisar as estratégias de comunicação visual (imagens) do conhecimento empregadas na elaboração de livros didáticos de Química e Física, considerando uma mesma temática. Como será mais bem explicitado posteriormente, foram objetos de análise os capítulos destinados à “Teoria dos gases” e “Pilhas e baterias” presentes em livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015.

Partindo-se do estudo da filosofia das Ciências em questão, buscou-se identificar os caminhos percorridos por cada uma delas, e também da Ciência de modo geral, que levam à construção do conhecimento, passando por questões como o realismo e o reducionismo. Passar-se-á, então, à questão da comunicação do conhecimento científico adquirido através do uso de imagens e representações, buscando-se, através do referencial teórico construído por Souza (2012), baseado na semiótica peirceana, identificar as relações que podem ser construídas a partir dessa representação. Cabe destacar que a semiótica peirceana será usada como um referencial teórico, analisando a construção e comunicação do conhecimento, mas também será um referencial metodológico, uma vez que o foco do estudo são as imagens, que podem ser analisadas através dessa ‘lente’.

Considerando os objetos sob investigação, discorrer-se-á sobre a história e utilização dos livros didáticos em sala de aula, e das características marcantes das disciplinas de Química e Física. Os pontos focais da análise serão múltiplos: frequência de utilização de representações não textuais na comunicação do conhecimento (imagens, gráficos etc.), relação entre o texto e a imagem e análise semiótica das imagens.

Assim sendo, o presente trabalho visa contribuir para as reflexões acerca da filosofia da Química, em especial as relacionadas às estratégias e especificidades empregadas na comunicação de seu conhecimento, a partir da análise de conteúdos que são abordados pelas disciplinas de Física e Química, através da perspectiva da semiótica peirceana, fazendo o levantamento das imagens usadas na comunicação do conhecimento nos livros didáticos, a respeito dos temas “Teoria dos gases” e “Pilhas e baterias”. Também se espera que a análise e categorização das imagens, buscando entender seus objetivos e como os livros didáticos comunicam conhecimento, contribuam para as pesquisas sobre os livros didáticos, ensino de ciências e para a filosofia da Ciência.

2. Fundamentação teórica

2.1 Filosofia da Ciência

Ainda que não houvesse clara distinção entre filosofia e ciência na antiguidade, Platão e Aristóteles, por exemplo, já tratavam de uma filosofia da Ciência. Foi a partir do século XVII que movimentos como o Iluminismo, com a marca de maior racionalismo e objetividade, iniciaram movimento de "separação" entre Ciência e Filosofia, entendendo que a última seria responsável pelo estudo dos métodos desenvolvidos pela Ciência para atingir o conhecimento. A partir da revolução industrial, a Ciência tornou-se sinônimo de progresso, e, no Século XIX, as evoluções darwinianas e o progresso industrial trouxeram ainda mais evidência à ciência. Os avanços na área da Física, como a teoria quântica no início do século XX, provocaram um período de excitação sem precedentes (MACHAMER, 2002; ROCHA, 2015).

Ainda no início do século XX, a partir das discussões do "Círculo de Viena", a Filosofia da Ciência unia aspectos da lógica, com a postura empirista e positivista, sendo que o foco principal era a observação, o trabalho *in loco*, uma vez que o positivismo (visão recebida) procurava respostas para o "como", não para o "por que". Entretanto, no final da década de 1950, a publicação do livro *"A estrutura das Revoluções Científicas"* de Thomas Kuhn, foi um marco para a 'nova' filosofia da Ciência, segundo Pessoa Jr (1993) e Oliva (1994). Nessa 'nova' filosofia, chamada de globalista, os principais pontos destacados em oposição à visão recebida são:

- Diminuição da distinção entre linguagem observacional e linguagem teórica, uma vez que o observador faz seus apontamentos carregando uma carga teórica adquirida por ele;

- A ideia de que a transição entre as teorias científicas se dá através de revoluções, rupturas, enquanto que na postura positivista havia uma ampliação dos conhecimentos acumulados;

- Os contextos histórico e social tornam-se relevantes para que os méritos de uma teoria sejam julgados, ou seja, os detalhes de como esses avanços científicos são importantes para a filosofia da ciência;

- Rejeita-se a ideia de que uma teoria científica se baseia em dados observacionais, e passe a ser enfocada a teoria em si (PESSOA JR,1993; OLIVA,1994).

Ainda segundo Pessoa Jr (1993), na década de 1980 múltiplas abordagens acerca da filosofia da Ciência foram concebidas além das já apresentadas, incluindo discussões sobre o realismo científico. Ainda nessa mesma década, a discussão sobre filosofia das ciências tornou-se mais restrita às áreas específicas, como Física, Química ou Biologia.

Segundo Labarca (2011), a separação entre Física e Química é histórica, e, desde o século XVIII, já se observavam discursos que evidenciavam diferenças entre as duas ciências. Segundo o autor, Comte, em suas considerações acerca da lógica positivista, reiterava que a “Física não somente precede a Química historicamente, mas é mais fundamental conceitualmente” (LABARCA, 2011, p.103, tradução nossa). Ao longo dos séculos XVIII e XIX a Química se estabeleceu como profissão, e no final desse mesmo século já havia uma demarcação clara entre as duas ciências, sobretudo depois da distinção proporcionada por Lavoisier, que, entre outras coisas, garantia que a Química não era uma disciplina auxiliar, ao passo que tinha seus próprios fins e interesses (KAVALEK et al, 2015). É fato, porém, que tal autonomia voltou a ser fortemente contestada com o advento da mecânica quântica no início do século XX, quando muitos conceitos químicos passaram a ser abordados pela Física.

Considerando a “juventude” da Filosofia das áreas específicas do conhecimento científico, por muito tempo a Filosofia da Ciência confundiu-se com a Filosofia da Física. Segundo Pessoa Jr (2014, p.1) “A filosofia da Física é a área que discute os problemas não resolvidos da descrição física do mundo, sendo que muitos estão na fronteira da pesquisa física atual”. Para Schummer (2003), os filósofos físicos explanam teorias, reflexões sobre a relatividade, a teoria quântica e as teorias da física que, em geral, vêm dominando a filosofia do século XX, “ocupando praticamente todas as cadeiras em filosofia das ciências” (p.37, tradução nossa).

McIntyre (1999) usa uma analogia se referindo às filosofias da Física, Química e Biologia como três irmãos e faz um questionamento sobre a Filosofia da Química. Segundo ele

> A filosofia da Física existe desde o começo da filosofia da ciência [...] A filosofia da Biologia apareceu na década de 1960, com a obra de David Hull, Michael Ruse e outros, que conduziu à elaboração da revista *"Biologia e Filosofia".* No entanto, há uma ciência faltando aqui. [...] Se há uma filosofia da Biologia, por que não há uma filosofia da Química? [...] Enquanto a Biologia sempre lutou para afirmar a autonomia de suas questões e de sua metodologia, a Química tem sido considerada como um 'corredor' até a Física. Se a Biologia é o 'irmão mais novo' – nasceu a se rebelar e estabelecer sua legitimidade como ciência nos seus próprios termos – a Química tem sido o 'filho do meio', forçado a crescer à sombra do seu 'irmão mais velho' [a Física] (MCINTYRE, 1999, p.57, tradução nossa).

Como destacado por McIntyre (1999), as pesquisas sobre a Filosofia da Química tardaram a aparecer e majoraram em meados da década de 1990. Este fato foi destacado por Aduriz-Bravo, Diaz e Ariza (2015), e evidenciado pelo aumento na produção acadêmica nas revistas de filosofia da ciência e a participação de pesquisadores em conferências e reuniões dedicadas especialmente a essa área do conhecimento. Schummer (2003) fez uma revisão bibliográfica sobre o tema e apontou que a escassez de trabalhos nesse ramo devia-se, entre outras causas, à falta de uma questão central para a Filosofia da Química.

Segundo Campos e Cachapuz (1997), a natureza epistemológica e filosófica da Ciência passou por mudanças que vão do empirismo-positivismo ao racionalismo-construtivismo. Não seria precipitado afirmar, porém, que existe discordância entre o que os filósofos defendem e o que acontece em sala de aula.

No campo do Ensino da Física, Rezende, Ostermann e Ferraz (2009), em revisão bibliográfica de artigos nacionais publicados entre 2000 e 2007 em eventos científicos referentes ao ensino dessa ciência, apontaram o processo de ensino e aprendizagem como foco das investigações, sugerindo tendência instrumentalista da pesquisa em ensino e tecnicista do processo educativo, pois tem como objetivo o fornecimento de subsídios para que o professor avance na melhoria do desempenho do aluno, ou seja, buscando caminhos para o sucesso da aprendizagem. A questão referente ao desempenho dos alunos em Física é comentada por Prudêncio e

colaboradores (2016), no trabalho direcionado ao estudo do (des)interesse dos estudantes de Ensino Médio de ingressarem no Ensino Superior cursando Licenciatura em Física:

> Há poucos ingressos no curso de Física, todavia esse desestímulo pode começar no Ensino Médio, onde a disciplina representa para o estudante, na maior parte das vezes, um grande desafio em função da complexidade do conteúdo e a persistência do paradigma tradicional nos processos de ensino e de aprendizagem, exigindo que ele decore fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas (PRUDÊNCIO et al., 2016, p.25)

No tocante à filosofia e ao ensino de Química, por exemplo, Kavalek e colaboradores (2015) apontam que

> [...] filósofos da Química defendem-na como uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica. Em contrapartida, seu ensino é dogmático, conservador, dedutivo e algorítmico. A Química que se ensina é distante da Química que se pratica (KAVALEK et al, 2015, p.1).

Afirmam, ainda, que

> Outra dificuldade visualizada no ensino é a falta de autonomia da Química, ou seja, a redução da ciência à Física e à Matemática. Neste sentido, a educação em Química pode ser beneficiada e ter mais legitimidade, quando a mesma deixar de ser reduzida à Física e à Matemática (KAVALEK et al, 2015, p.3).

Talanquer (2011) também questiona a pertinência do reducionismo da Química à Física aplicado ao ensino, pois o tempo de estudo dos aspectos qualitativos, relacionais e classificatórios da Química seria dado à ênfase em quantificações e cálculos, aspectos esses já citados anteriormente por Kaya e Erduran (2011).

Avanços foram sendo notados quando químicos, historiadores e filósofos dessa ciência começaram a se reunir em grupos em vários países, para discutirem suas ideias. Mais um motivo apontado por Scerri e McIntyre (1997), e que guarda relação especial com esse trabalho, remete ao reducionismo da Química à Física, “uma vez que se acredita amplamente que a Química pode ser perfeitamente reduzida à Física, [...] acredita-se que a filosofia da Química pode perfeitamente ser reduzida à filosofia da Física” (SCERRI; MCINTYRE, 1997, p. 214, tradução nossa).

Kavalek e colaboradores (2015) dizem que é compreensível assumir a Química como aplicação da Física, uma vez que a Química se baseia tanto em teorias da Física como em generalizações experimentais. Em contraponto, citam que

> Naturalmente, os filósofos da ciência têm sua atenção concentrada na física, uma vez que é uma ciência fundamental. Mas o fundamental não significa necessariamente o mais importante e, tendo em vista a riqueza e complexidade da química, que serve de elo entre a física e a biologia, espera-se que o estudo filosófico acrescente contribuições para a ciência como um todo (KAVALEK *et al, 2015, p.8*)

É diante dessa "naturalidade" da redução da Química à Física manifesta por alguns autores que o reducionismo surge como corrente filosófica de especial interesse para a Filosofia da Química e para esse trabalho, ainda que ao lado figurem nesse novo campo do conhecimento outras temáticas relevantes, como o realismo.

2.1.1 Reducionismo

Nicola Abbagnano (1998) define o reducionismo em seu Dicionário de Filosofia como

> Explicação que consiste em considerar que certas ordens de fenômenos estão sujeitas a leis mais bem estabelecidas ou mais precisas que uma outra ordem de fenômenos; p. ex., a que consiste em considerar que os fenômenos orgânicos estão submetidos às leis dos fenômenos físicos, enquanto estes últimos estão sujeitos às leis dos fenômenos mecânicos (ABBAGNANO, 1998, p. 836).

Segundo Lisboa (2015) a discussão sobre o reducionismo ocorreu de maneira significativa, primeiramente, ao final do século XIX, uma vez que físicos como Clausius, Maxwell e Boltzmann propuseram que as leis que descreviam o comportamento dos gases poderiam ser reduzidas à mecânica estatística, que era capaz de generalizar as propriedades termodinâmicas das moléculas. Todavia, no século XVII, discussões sobre o reducionismo já eram feitas, como cita Maar (2004):

> Na Química, o modelo mecanicista/reducionista cartesiano é observado principalmente nas concepções cartesianas sobre a matéria, que não aceitam a realidade do "átomo", mas que não se opõem a uma arbitrária subdivisão da matéria, permitindo assim a aplicação de leis mecânicas ao estudo da matéria em princípio contínua (MAAR, 2004, p.46).

Segundo Schummer (2003), e como mencionado anteriormente, a escassez da discussão sobre a filosofia da Química deveu-se muito ao movimento de reducionismo

à Física e seus desdobramentos reconhecidos no reducionismo ontológico, epistemológico e metodológico. O reducionismo ontológico propõe que a Química não possui entidades próprias, de maneira que todos os "objetos" de trabalho da Química podem ser explicados pela mecânica quântica. O reducionismo epistemológico, por sua vez, assume que as leis e teorias da Química podem ser reduzidas a leis mais gerais regidas pela Física. Finalmente, o reducionismo metodológico reduz todos os métodos a um único modelo, ou seja, parte do princípio de que as aplicações dos métodos da mecânica quântica podem ser efetivas para os estudos químicos, em longo prazo.

Quanto ao reducionismo ontológico, Scerri (1997) assume-o como trivial e inevitável, considerando a proximidade ontológica entre as duas áreas do conhecimento. Lemes e Porto (2013a), ao realizar um levantamento de artigos referentes à temática do reducionismo, apontaram que sua maior parte versava sobre o reducionismo aplicado às entidades e seus fenômenos, uma vez que são as discussões a esse respeito são compartilhadas pelas duas ciências. Resistindo ao reducionismo, Schummer (2003) defende que há diferenças entre o foco de estudo da Química e da Física. Segundo ele, o foco de estudo da Química é entender aspectos qualitativos da matéria e suas propriedades, tendo como eixo central a experimentação investigativa imersa em determinado contexto, enquanto a Física estuda os objetos isoladamente e usa a experimentação para testar teorias e obter resultados de caráter mais quantitativo. Esse aspecto também é apontado por Mainzer[1] (1997 *apud* Lemes e Porto, 2013a) citando que na metodologia da Física há o isolamento dos objetos, como, por exemplo, na mecânica quântica, que trata os átomos como unidades discretas, enquanto a Química tem especial interesse por sua organização, pela interação que os átomos estabelecem uns com os outros.

Scerri (1997), cita que o reducionismo epistemológico está relacionado às leis e teorias e baseado em cálculos e noções teóricas extraídas da Física, não deveria ser aplicado à Química, pois um dos motes mais usados para esse tipo de reducionismo, a equação de Schrödinger, somente possui soluções exatas para o

[1] MAINZER, K. Symmetry and Complexity-Fundamental Concepts of Research in Chemistry. **HYLE**. v. 3, p. 29-49, 1997.

átomo de hidrogênio, o que não explica assuntos tão complexos como energia ou ângulos de ligação. Kaya e Erduran (2011) também mencionam que a redução epistemológica da Química à Física pode acarretar dificuldades para o ensino e aprendizagem do conhecimento químico

> A Química é diferente de outras ciências, como a Física e a Biologia, em termos da estrutura e a natureza do conhecimento. Por exemplo, o conhecimento físico é muitas vezes baseado em modelos matemáticos enquanto o conhecimento químico tende a se basear em esquemas de classificação, nos quais as propriedades empíricas da matéria são explicadas através de uma abordagem qualitativa (KAYA; ERDURAN, 2011, p.1741, tradução nossa).

Já o reducionismo metodológico parte do princípio de que a aplicação dos métodos da mecânica quântica pode ser eficaz para os estudos químicos, "principalmente no que se refere a uma certa ortodoxia metodológica de design experimental" (GONÇALVES, 2010, p.42).

A falta de uma Filosofia explícita para o currículo de Química no Ensino Médio faz com que, implicitamente, ele seja organizado pelo reducionismo fisicalista (KAVALEK et al., 2014). Esse esquema se perpetua, uma vez que, segundo os mesmos autores, há pouco conhecimento dos modelos epistemológicos no currículo da formação do Licenciado em Química, evidenciando os aspectos reducionistas e realistas.

2.1.2 Realismo

Segundo dicionários de filosofia (ABBAGNANO, 1998; JAPIASSU; MARCONDES, 2001), o termo realismo se refere à posição ou atitude adotada quanto à existência real, concreta, de fatos ou objetos. Na definição da Enciclopédia de Termos Lógico-Filosóficos,

> O realismo, como posição filosófica, defende a existência de entidades independentes do espírito ou da nossa utilização linguística. Também pode ser interpretado como simples crença partilhada na existência de certos objetos de que falamos (BRANQUINHO et al, 2005, p. 605).

Lemes e Porto (2013a), em revisão de artigos publicados na revista HYLE, destacam que o realismo configura importante área de discussão da Filosofia da Química contemporânea. Na abordagem realista sobre o conhecimento químico, são usados modelos e analogias que expressam e "dão vida" às entidades químicas.

Quanto mais evidências e resultados analíticos, mais realistas serão os modelos, aproximando-os do de suposta “realidade”. Souza (2012), em análise de livros texto de Química publicados e utilizados ao longo do século XX, também observou a presença cada vez maior de estratégias realistas de comunicação do conhecimento químico, a qual se deveu, muito significativamente, ao avanço tecnológico não apenas relacionado à produção de imagens, mas também à própria obtenção de dados experimentais.

Ainda considerando as técnicas experimentais, Lemes e Porto (2013b) citam alguns autores, como Del Re (1998), Schummer (2002) e Talanquer (2011) para pontuar que as mesmas buscam ampliar o conhecimento acerca do comportamento dos sistemas analisados, através das medições e dados observados. Uma importante observação acerca do realismo químico é citada pelos mesmos autores quanto aos orbitais moleculares: para os químicos, os orbitais são considerados densidades eletrônicas, observáveis; já os orbitais para os físicos constituem estados, não observáveis, não realistas. Medeiros e Medeiros (2001) discorrem sobre a postura realista no conhecimento físico, e elencam duas correntes realistas: o realismo crítico e o realismo ingênuo. Nas palavras dos autores,

> [para o realismo crítico] a realidade existe independentemente de ser percebida ou compreendida por nós. A posição do realismo ingênuo, ou realismo científico, entretanto, é bem mais ousada; ela advoga que não somente a realidade existe independentemente da nossa cognição, mas que, também, as afirmações da ciência são descrições fiéis de como a realidade é (MEDEIROS e MEDEIROS, 2001. p.107).

O antirrealismo, ou realismo crítico não nega a existência do mundo real, mas nega que aquilo que aceitamos como fatos científicos corresponde necessariamente ao mundo. Dessa forma, é preciso ponderar o risco de se assumir um realismo ingênuo, uma vez que, os modelos de representação são propostos de acordo com o momento histórico que a Ciência atravessa e são usados com objetivos específicos, ressaltando o caráter transitório das representações.

Tomasi (1999) menciona que, na Química, há um movimento de explicação que parte do modelo microscópico para se chegar às propriedades observáveis, ou seja, que utiliza dados instrumentais – relativos ao comportamento das partículas - para explicar o comportamento macroscópico do sistema, tornando os objetos

precedentes das propriedades macroscópicas observáveis, e, portanto, ocorrendo o aumento da “realidade submicroscópica”. Analogamente a isso, Schummer (2002) também considera essa mudança de perspectiva quanto aos resultados obtidos através de técnicas avançadas de experimentação:

> Assim, os químicos já não consideram as estruturas moleculares simplesmente como propriedades das substâncias químicas; em vez disso, as espécies moleculares tornam-se ontologicamente semelhantes às substâncias químicas (Schummer, 2002, p. 18, tradução nossa)

Dessa forma, entende-se que os aspectos observáveis (macroscópicos) assim o são por causa das estruturas moleculares da substância, e não que as estruturas moleculares são construções teóricas a partir das evidências observadas. O realismo químico é ainda reforçado pela tendência de se desenhar modelos que representem as partículas submicroscópicas usando-se esferas, varetas ou molas, propiciando assim uma “manipulação” desses objetos (Caldin, 2002). Oki e Moradillo (2008) afirmam que

> Grande parte dos conteúdos de Química do Ensino Médio e dos primeiros anos do Ensino Superior são embasados em modelos fortemente realistas, necessitando do uso de representações pictóricas para sua compreensão. Nessa abordagem, o átomo é compreendido como um sistema material, concreto e realista e este tipo de modelo é utilizado para a compreensão de alguns conteúdos químicos. (OKI; MORADILLO,2008, p.83)

Mesmo que seja necessário um certo grau de realismo para a compreensão de certos conteúdos, a aceitação de que um modelo corresponde exatamente à realidade, como citado por Oki e Moradillo (2008), faz com que diversos aspectos e características da entidade descrita por esse modelo deixem de ser importantes e relevantes para o entendimento do conceito em si. Sendo assim, e admitindo que o objeto não será completamente entendido a partir dessa postura realista, pode haver equívocos e obstáculos que atrapalhem a construção do conhecimento de forma significativa, uma vez que, a partir de outra perspectiva, esse mesmo conceito pode ser apresentado de forma diferente, dificultando a relação que o aluno possa fazer do mesmo conteúdo.

Considerando esse “marco realista” na Química, cabe destacar exemplo trazido por Greca e Santos (2005), sobre as diferenças entre a modelagem do átomo em

Química e Física e as dificuldades que podem surgir. Segundo as autoras, do ponto de vista químico, o átomo é tido como “um sistema material, concreto, realista, cujos elétrons percorrem clássicas trajetórias bem definidas” (p.43), ou seja, assume-se tal realismo para esses entes de forma que, por exemplo, as ligações químicas sejam representadas tendo elétrons como partículas, representadas com formas e cores diferentes dependendo de seu átomo “de origem”. Quando a mesma temática é discutida em Física, o aluno

> deve compreender que não pode associar-se o elétron a uma partícula clássica, que pelo princípio da incerteza, o elétron não possui nem dimensão nem posição definidas, que são indistinguíveis os elétrons de diferentes átomos (GREGA; SANTOS, 2005, p.43).

Considerando os componentes “Física” e “Química”, como no exemplo mostrado anteriormente, o conteúdo pode ser o mesmo, mas as formas de explicação podem ser diferentes, o cerne dessas ciências é diferente, tornando distinto seu “olhar” para os fenômenos estudados. Lemes (2013), a partir de extensa revisão da literatura em filosofia da Química contemporânea, concluiu que enquanto a Química busca criar novas substâncias, entender aspectos qualitativos da matéria e tem como eixo central a experimentação investigativa, a Física estuda os objetos isoladamente, usa a experimentação para testar teorias e obter resultados de caráter mais quantitativo. É justamente esse tipo de diferenças na abordagem que se deseja analisar nesse trabalho, destacando as diferentes formas de comunicar o conhecimento, com destaque para a modelação que se faz em Física e Química

2.2 A construção e comunicação dos conhecimentos químico e físico – papel dos modelos

Independente das especificidades de cada área do conhecimento, a construção do conhecimento em Ciências da Natureza, na tentativa de compreender a “realidade” do mundo, pressupõe a interação com aspectos dessa realidade e a produção de evidências que, ao serem interpretadas, permitem a proposição de modelos

explicativos (SOUZA, 2012). Sob a perspectiva da semiótica peirceana, que será mais bem detalhada posteriormente, Souza (2012) esquematizou esse processo de construção e comunicação do conhecimento (Figura 1).

Figura 1: Construção do conhecimento científico

Fonte: Adaptado de Souza (2012), p.76

De acordo com o esquema apresentado na Figura 1, os construtos científicos se formam a partir da interpretação das evidências observadas a partir da interação entre homem e matéria (mediada ou não por instrumentos). Tais construtos remetem a modelos, aqui compreendidos como elaborações em nível teórico-conceitual ou representacional, o que inclui estratégias visuais empregadas na comunicação mesmo na construção de conceitos.

Considerando o esquema acima apresentado, é natural a conclusão de que a compreensão desse processo, bem como da natureza dos construtos científicos – modelos – é essencial para o ensino e aprendizagem de ciências.

Greca e Santos (2005) afirmam que a modelagem tem sido o foco dos estudos de muitos trabalhos como uma das estratégias para melhorias no processo de ensino aprendizagem. Entretanto, a quantidade de trabalhos não corresponde diretamente a qualidade das discussões, uma vez que a definição de modelagem usada é muito ampla, sem diferenciar as particularidades de cada Ciência – Física e Química, foco de seu trabalho. Segundo as autoras:

> O modelo físico é, em geral, a descrição resultante quando os enunciados da teoria se referem a um sistema ou fenômeno simplificado e idealizado. Assim, no modelo físico de um gás pode-se supor que este é composto por um conjunto de esferas que interagem através de colisões elásticas. O gás deixa de ser real para ser “ideal” e assim podem ser aplicados ao mesmo os enunciados da teoria mecânica clássica. (GRECA; SANTOS, 2005, p.34-35).

As autoras apontam, ainda, que uma teoria física é um sistema de representações baseadas em dois tipos de signos[2]: signos matemáticos e linguísticos. “Os signos linguísticos estão organizados em enunciados que dizem respeito aos fenômenos que a teoria pretende descrever” (GRECA; SANTOS, 2005, p.34) e “O signo matemático constitui um sistema axiomático articulado dedutivamente, que permite expressar os enunciados da teoria na forma de relações e equações” (p.35).

Já a modelação em Química, segundo as autoras, é um processo mais complicado, pois a complexidade dos fenômenos faz com que vários conceitos devam ser considerados.

> Isto acontece porque na Química, além dos signos matemáticos e linguísticos, a modelação, a interpretação microscópica de fenômenos observáveis, está muito ligada à representação pictórica, representação esta sem contrapartida na Física. Estas representações pictóricas, convertidas no sistema de signos fundamental para a modelação, se constituem em modelos analógicos usados para explicar conceitos abstratos (GRECA; SANTOS, 2005, p.36).

A manipulação mental dos modelos também é apresentada por Greca e Santos (2005), assim como pelos já mencionados Caldin (2002) e Oki e Moradillo (2008), surge como uma necessidade para que o modelo químico se torne inteligível. Se, por um lado, na Física há uma tendência de se reduzir os fenômenos a entes ideais, na Química esses entes tornam-se quase materiais. Embora os modelos químicos muitas vezes estejam pautados em teoria físicas e formalizações matemáticas, tais aspectos não se mostram suficientes para compreensão integral do fenômeno, sendo necessárias estratégias de representação e “materialização” dessas teorias. Esses fatores podem ser explicados, segundo Greca e Santos (2005), pela tradição dinamicista da Física e mecanicista da Química, fundamentadas no século XIX.

> Enquanto a Física foi se encaminhando cada vez mais aos padrões dos dinamicistas, rejeitando a visualização, e apoiando-se cada vez mais em estruturas matemáticas abstratas e generalizáveis, a Química manteve, em várias áreas, uma tradição mecanicista, com seus modelos particulares, visualizáveis, representáveis e objetivamente válidos e verdadeiros da natureza (GRECA; SANTOS, 2005, p.42).

---

[2] É importante destacar que o conceito de signo apresentado por Greca e Santos (2005) difere fundamentalmente do conceito peirceano adotado neste trabalho, uma vez que esse último não se restringe a representações necessariamente materializadas verbalmente. Sonhos, por exemplo, atuam como signos na perspectiva peirceana.

Também citam que, em alguns casos, as analogias e representações que aparecem nesses artigos analisados pelas autoras são feitas de forma pouco clara, o que pode levar a diferentes interpretações dos estudantes. “É importante assinalar que estes elementos aparecem refletidos tanto nos livros didáticos usados nas duas disciplinas, quanto nos programas de estudo” (GRECA; SANTOS, 2005, p.42)

Oki (2006) também revela haver uma diferença entre a modelagem feita pela Física e pela Química, pois

> Na Física elas [explicações] estão baseadas em modelos matemáticos que diferem dos modelos químicos relacionados com aspectos qualitativos da matéria. Tanto a Química quanto a Física fazem uso dos conceitos qualitativos e dinâmicos; na Química, no entanto, muitos destes conceitos são acompanhados de outros conceitos qualitativos e classificatórios que são usados, muitas vezes, como meios de representação (OKI, 2006, p.96)

Uma vez que as diferentes formas de abordagem e modelação dos fenômenos levam a diferentes interpretações e conclusões, a comunicação do conhecimento, ou seja, como ele chega a quem se comunica, depende de múltiplos fatores que levarão a interpretação do conhecimento. Segundo Souza (2012) às questões filosóficas das áreas de conhecimento, e suas diferentes visões sobre o próprio conhecimento, implicam tanto na caracterização, quanto na forma de construção do conhecimento culminando nas atividades profissionais e de formação de professores e consequentemente, de estudantes e propõe que o conhecimento científico é construído a partir da interpretação das evidências geradas ao longo de um processo de interação entre a qualidade e a realidade.

Nesse contexto, como múltiplas possibilidades podem ser alcançadas a fim de se representar através de uma imagem, a forma de apresentação das ilustrações pode constituir facilitador ou um obstáculo à construção do conhecimento. Em muitos casos, as representações visuais que estão presentes nos livros didáticos, recurso ainda muito utilizado nas salas de aula, são as únicas formas de representação por meio de imagens a que os estudantes têm acesso (LAJOLO,1996; NUÑEZ et al, 2003; SILVA,2008;). Por esse motivo, buscou-se analisar as ilustrações presentes nos livros, como objeto de pesquisa para a identificação da forma de comunicação do conhecimento científico para a realidade escolar.

2.3 Os livros didáticos

Bittencourt (1996) define livro didático como qualquer obra produzida com a intenção de ser usada em sala de aula, na educação formal. Richadeau [3] (1979, apud MENDES, 2005) diz que o livro escolar pode ser uma enciclopédia, um atlas, uma antologia, um dicionário. Mendez [4] (2001, apud Occelli e Valeiras, 2013) os define como ferramentas pedagógicas destinadas à aprendizagem, que impõem uma determinada distribuição e hierarquização de ideias, a partir de uma transformação e recriação epistêmica do conhecimento.

Para Choppin (2004), definir livro didático é uma tarefa árdua, a começar pela diversidade de termos em diversas línguas que fazem menção a ele. Apesar disso, ao considerar sua utilização em uma perspectiva histórica, o autor destaca quatro funções essenciais que os livros didáticos exercem: (i) referencial, curricular ou programática; (ii) instrumental; (iii) ideológica e cultural e (iv) documental.

Reforçando essas funções que o livro didático desempenha, Nuñez e colaboradores (2003), citam que, por volta da década de 1930, os livros didáticos eram usados como ferramenta de educação e ideologia política, uma vez que aos professores cabia sua escolha a partir de lista predeterminada pelo Estado, na figura do Instituto Nacional do Livro (INL), criado com a finalidade de legislar sobre as políticas dos livros didáticos. Tal realidade só foi completamente modificada com o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), instituído em 1985, pelo Decreto nº 91.542, de 19 de agosto (BRASIL, 2012), que permitia maior participação dos professores no processo de escolha do livro para o Ensino Fundamental, uma vez que eles próprios poderiam indicar e escolher as obras a serem adotados. Os livros didáticos passaram a ser reutilizáveis e os estados não tinham mais responsabilidade financeira sobre a distribuição dos livros.

Em 2005, 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

---

[3] RICHADEAU, F. **Conception et production des manuels scolaires: guide pratique.** Paris. Unesco, 1979.
[4] MÉNDEZ, J. M.A. *Entender la Didáctica, entender el Curriculum*. Madrid: **Miño y Dávila**. (2001).

todo o território Nacional. Para que o livro fosse aprovado pelo MEC, deveria seguir alguns critérios como: correção e adequação conceitual e de informações básicas, coerência e pertinência metodológica e preceitos éticos (BRASIL, 2005). O PNLEM foi instituído parcialmente ao longo dos anos, sendo que a distribuição e reposição dos livros ocorriam de forma a ampliar a oferta de livros para todas as séries e todas as disciplinas, o que só ocorreu integralmente no ano de 2012. Nesse mesmo ano ocorreu a unificação do PNLD (Ensino Fundamental) com o PNLEM (Ensino Médio), sob a sigla PNLD, com calendário constituído por ciclos trienais, sendo os professores que atuam em sala de aula os responsáveis pela escolha do livro didático que utilizarão durante os três anos letivos (BRASIL, 2012).

Assim sendo, os livros didáticos constituem recurso de grande impacto associado a princípios educativos, em certa medida determinado por questões comerciais. A forma de abordagem, bem como o enfoque dado a determinado conteúdo fornecem indicações relativas às intenções do autor ou do grupo editorial, inclusive relacionadas à visão das funções da ciência na sociedade, não podendo o livro didático ser considerado mero instrumento de transposição didática do conteúdo científico para o escolar (Martins, 2012).

Na construção do conhecimento pelos estudantes, os livros didáticos (LDs) têm papel fundamental, pois, segundo Kuhn (2009), correspondem a

> [...] um corpo já articulado de problemas, dados e teorias, e muito frequentemente, ao conjunto particular de paradigmas aceitos pela comunidade científica na época em que esses textos foram escritos (KUHN, 2009, p.176).

O autor ainda argumenta que o estilo do livro, o vocabulário e o enfoque dado a um tema são intrínsecos a cada Ciência, ou seja, manuais e livros de Física são escritos por físicos e manuais e livros de Química são escritos por químicos, o que pode configurar obstáculo à aprendizagem quando esses livros são usados por leitores de diferentes áreas do conhecimento.

Uma vez destacada a importância do livro didático, passar-se-á a breve revisão sobre as pesquisas a ele relacionadas.

2.3.1 Pesquisas com livros didáticos

A análise de livros didáticos se tornou uma área de pesquisa considerável em âmbito internacional nas últimas décadas, tendo como foco não apenas seus aspectos pedagógicos, mas também políticos, econômicos e culturais (NASS, 2008; CHOPPIN, 2004; FREITAS; RODRIGUES,2008; MARTINS, 2012; MUNAKATA, 2012; SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013).

Para Freitas e Rodrigues (2008), reiterando o já mencionado anteriormente,

> A preocupação em pesquisá-lo leva em conta o fato de que o material didático tem uma importância grande na formação do aluno pelo mero fato de ser, muitas vezes, o único livro com o qual a criança entrará em contato. (FREITAS; RODRIGUES, 2008, p. 1).

Sobre o objetivo das análises de LDs, Choppin (2004) cita que ele mudou ao longo do tempo, passando da análise de vetores ideológicos e culturais para, nos últimos 20 anos, intensa reflexão da natureza metodológica. O autor destaca, ainda que, apesar do número crescente de trabalhos publicados, ainda é pequeno o número de pesquisas dedicadas aos livros didáticos. Comparando as análises aplicadas a LDs das áreas de ciências e humanidades para o Ensino Médio, Nass (2008) observou que, no primeiro caso, o foco recai sobre questões metodológicas e erros conceituais, enquanto no segundo caso remete à denúncia do caráter ideológico e cultural dos textos.

Perrelli, Lima e Belmar (2013) em pesquisa realizada em 2011 na base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), encontraram mais de1800 teses e dissertações do período compreendido entre 1987 e 2009, que abordavam a pesquisa em livro didático como foco principal ou secundário, em diversas áreas de conhecimento e diferentes problemas de investigação. Uma atualização dessa pesquisa em 2012, apontou mais de 2700 trabalhos tendo como palavra-chave “livro didático”. Os autores assinalaram que

> A maior parte deles tinha como objeto de estudo os conteúdos presentes no livro didático, no que diz respeito à acuidade conceitual, aos temas abordados, às concepções de ensino e à ideologia subjacentes, entre outros, sendo raros aqueles que abordavam o professor e suas ações na escolha e no uso do LD (menos de 3% tomavam essa questão como objeto de análise, como foco principal ou secundário) (PERRELLI; LIMA; BELMAR, 2013, P. 242-243).

Occelli e Valeiras (2013), a partir de levantamento bibliográfico de 13 periódicos científicos nos idiomas português, espanhol e inglês, selecionaram 127 artigos que abordavam a análise de livros didáticos: artigos centrados no conteúdo científico, no conteúdo didático, artigos dedicados a validações metodológicas e a revisões bibliográficas. Do total de artigos analisados, 85 trabalhos se referem ao estudo do conteúdo científico e, desses, 16 estabelecem comparações entre livros, assim como apontado anteriormente por Perrelli, Lima e Belmar (2013). Occelli e Valeiras (2013) observaram que a maioria dos artigos dedicados ao conteúdo científico demonstrava a falta de atualização e a presença de muitos erros conceituais, bem como visão reducionista da Ciência e presença exacerbada de termos específicos, com pouca atenção a conceitos básicos. Dos 35 artigos incluídos na categoria de análise do conteúdo didático, 13 fazem o tratamento das imagens nos livros didáticos. Destes artigos, pode-se destacar que o desenho gráfico dos livros é bastante atrativo, com presença de imagens em quase todas as páginas analisadas, ocupando grande parte de sua superfície. Ressaltam que muitas imagens têm caráter decorativo apenas, ou que sirvam de exemplificação dos conceitos já definidos. Na linha simplista, para conceitos mais complexos, o uso de imagens se presta a “facilitar” a compreensão e se observam muitos erros conceituais.

Considerando a importância das imagens para a presente pesquisa, passemos a discussão mais pormenorizada sobre sua presença e papel nos LDs.

2.3.2 Imagens nos livros didáticos

Como apresentado por Occelli e Valeiras (2013), a representação de um conteúdo e consequentemente a elaboração de modelos explicativos em muitas áreas da Ciência se dá através de imagens ou desenhos que visam representar ou simplificar conceitos (PICCININI, 2012).

Para Martins, Gouvêa e Piccinini (2005),

> Imagens são importantes recursos para a comunicação de ideias científicas. No entanto, além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005, p.38)

Sobre seu papel pedagógico, Silva e colaboradores (2006) afirmam que

> O uso de imagens constitui parte fundamental das práticas de ensino. Há um consenso entre vários autores sobre o fato das imagens desempenharem importante papel pedagógico no processo de ensino-aprendizagem (SILVA *et al.*, 2006. p.220).

Segundo a Associação dos Designers Gráficos do Brasil (ADG, 2000) imagem é a "*representação visual das formas do mundo perceptível ou de formas imaginárias produzidas pela atividade mental*" (ADG, 2000, p. 59). Santaella (2012a) diz que a palavra imagem é polissêmica e que há pelo menos três domínios principais: imagens mentais e imaginadas, imagens diretamente perceptíveis (cotidianas) e imagens como representações visuais. Neste último domínio, a autora diz que

> (...) as representações visuais (...) correspondem a desenhos, pinturas, gravuras, fotografias, imagens cinematográficas, televisivas, holográficas e infográficas (também chamadas de "imagens computacionais") (SANTAELLA, 2012a, p.17).

Sendo a imagem uma forma de linguagem, deve haver harmonia entre as diferentes representações. Dessa forma, o livro didático, que acompanha as tendências de comunicação da sociedade, é organizado com uma multimodalidade de linguagens: verbal (texto escrito), imagética (fotografias, desenhos, gravuras, diagramas) e matemática (equações, gráficos, tabelas), como aponta Pralon (2012).

Assim sendo, chamaremos de imagem toda e qualquer forma de comunicação do conhecimento que não seja textual, como desenhos, fotos etc.

Além das inúmeras formas de representação de uma imagem, elas também podem desempenhar papéis muito diferentes, de acordo com os objetivos do autor do LD (GIORDAN[5], 1990 *apud* NASS, 2008; GOUVÊA; MARTINS 2001; SILVA *et al.*, 2006). Segundo Perales e Jiménez (2002) as principais funções das imagens nos livros didáticos são:

> - Ilustrar os livros, ou seja, torná-los mais atrativos para despertar o interesse dos leitores;

[5] GIORDAN, A. Les enzymes de l'estomac concassent, pétrissent, malenxent la nourriture ou... préalabres pour une didactique de l'image. **Bulletin de Psycologie**, v. XLI, n.386, p. 672-686, 1990

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

Souza (2012), em análise de 31 livros didáticos destinados ao ensino de Química Geral no contexto universitário, por exemplo, identificou que nas obras do começo do século XX predominavam imagens relacionadas à experimentação e que, no decorrer do século, essas ilustrações foram substituídas por representações de átomos e moléculas, tornando a evidência experimental cada vez mais como constatação da teoria, tomando modelos como realidade. Essas diferentes estratégias de comunicação do conteúdo impactam na compreensão dos estudantes acerca do significado de realidade, interação, interpretação e representação de fenômenos a que são apresentados. Além dessa mudança nas estratégias de comunicação, foi observado aumento numérico significativo das representações imagéticas, devido, principalmente, à melhoria tanto dos recursos aplicados às artes gráficas, quanto das técnicas instrumentais de análise e aproximação da realidade. Santaella (2012a) também constatou que o "desenvolvimento e a sofisticação das tecnologias de impressão gráfica" (p.106) aumentou o número de imagens nos livros em comparação com outras épocas. Corroborando tal afirmação, cabe destacar que, em 1988, Mortimer calculou que a área dos livros de Química dedicada às imagens variava de 31 a 44%, enquanto em trabalhos realizados no início dos anos 2000 (JIMENEZ e VALADARES, 2001; PERALES-PALACIOS e DIOS-JIMENEZ, 2002) apontaram que aproximadamente 50% das páginas de livros didáticos eram cobertos por imagens.

Giordan (1990, *apud* NASS, 2008) sugere que a ideia de que uma imagem facilita a compreensão e a aprendizagem dos conceitos é intuitiva, da mesma forma que Carneiro (1997), analisando livros de Biologia, considerou que a falsa ideia de que a ilustração por si só pode produzir conhecimentos está presente nos livros, uma vez que há presença maciça de imagens nos LDs. Silva e colaboradores (2006) também ressaltam que o pressuposto "de que o que vemos numa imagem é o que

todo mundo vê” (p.221), desconsidera os aspectos culturais e históricos da relação do indivíduo com as imagens.

Ainda sobre a inexistência de relação direta entre a presença de imagens e sua efetiva "leitura", Gibin, Kiill e Ferreira (2009) afirmam que, apesar de a presença de imagens constituir requisito para que os professores façam a seleção do livro didático, durante as aulas as imagens são pouco exploradas. Especificamente no caso do ensino de Química, os autores destacam que os estudantes que conseguem interpretar as imagens em nível atômico-molecular conseguem também melhor compreensão conceitual.

Medeiros e Medeiros (2001) também apontam para aumento do número de imagens e de sua qualidade nos livros de Física e sugerem que a necessidade de aproximação do conhecimento físico do cotidiano dos estudantes também constitui fator responsável por esse aumento.

Para os autores, é nesse contexto, de aproximação entre dimensões complementares, mas essencialmente distintas (o que vemos e os construtos elaborados na tentativa de explicar o que vemos), que “objetos científicos” são associados a “objetos reais”, e que o excesso de realismo – ou sua presença de forma ingênua - pode dificultar a elaboração conceitual, uma vez que

> Os verdadeiros objetos da Física são objetos idealizados, produtos de um ato intencional de despir a realidade concreta da sua complexidade inerente. Se assim não fosse, a moderna ciência galileana não poderia ao menos ter sido construída (MEDEIROS; MEDEIROS, 2001, p.105)

Considerando a representação dos "objetos científicos" da Química, a utilização de imagens para a representação de entes submicroscópicos, segundo Bucat e Mocerino[6] (2009, apud LEMES; PORTO, 2013b) também pode levar a equívocos, uma vez que “o uso impreciso da linguagem (pictórica ou verbal) pode ofuscar a distinção entre o comportamento macroscópico e as explicações submicroscópicas” (p.1532), ou seja, a representação pode ser usada de maneira literal, como correspondente direta da partícula que ela representa.

---

[6] BUCAT, B. E MOCERINO, M. Learning at the sub-micro level. In: Gilbert J. K. et al. (Eds.) **Multiple representations in chemical education,** v. 4. Dordrecht: Springer,. 2009.

Considerando que as imagens são utilizadas com o intuito de representar algo para alguém, ou seja, são usadas e exploradas como estratégias de comunicação do conhecimento, elas podem ser consideradas signos sob a perspectiva de Charles Sanders Peirce, pois, para Peirce “Representar é estar em lugar de, isto é, estar numa tal relação com o outro que, para certos propósitos, é considerado por alguma mente como se fosse o outro” (PEIRCE, 2005, p. 61). Como parte de um ambicioso empreendimento, compreender o processo de representação e significação, o filósofo estadunidense propôs a teoria dos signos, ou teoria semiótica, que será utilizada tanto como referencial teórico quanto metodológico neste trabalho. Passemos ao estudo mais detalhado dessa teoria.

2.4 Semiótica peirceana

O mundo que nos cerca apresenta, todos os dias, todos os minutos, infinitos sinais, gestos, palavras, imagens, tabelas, gráficos, que devemos interpretar. Segundo Santaella (2012b) “o mundo está hiperpovoado de signos que estão aí para serem compreendidos e interagidos” (p.4). Para isso, devemos usar de nossas experiências prévias, nossos instintos, nossa linguagem.

Charles Sanders Peirce (1839 - 1914) tinha por principal objetivo discorrer sobre a lógica da Ciência e identificar características que fossem comuns à construção do conhecimento em qualquer área. Nesse processo, identificou a importância do processo de representação e de significação, de cuja análise e estudo aprofundados surgiu sua teoria semiótica, que busca descrever o processo de significação, bem como classificar a relação que os signos constroem com seus objetos (aquilo que representam) e com as interpretações dele decorrentes (interpretantes).

Para Peirce, tudo é signo e, ao contrário do que talvez se possa imaginar, esse fato torna sua definição bastante complexa. Segundo Santaella (2012b), nos oito volumes dos Collected Papers, escritos de Peirce e compilados por Charles Hartshorne, Paul Weiss e Arthur W. Burks há pelo menos vinte ou trinta formulações do que ele considera signo. Em cada uma dessas definições, Peirce descrevia o signo

de acordo com o ponto de vista de um fenômeno, de uma observação, constituindo visões e definições complementares. Nesse trabalho, signo será entendido como "tudo aquilo que representa algo para alguém" (PEIRCE, 2005, p.46). Esses signos estão relacionados a algum objeto (não necessariamente físico) e produzirão uma interpretação ou representação na mente interpretadora que tem contato com o signo, ou seja, "está numa tal relação com outro que, para certos propósitos, é considerado por alguma mente como se fosse esse outro" (PEIRCE, 2005, p. 61).

Peirce também propôs que o signo pode ser estudado em três aspectos, chamados tricotomias: (i) a natureza material do signo (o signo em si mesmo), (ii) sua relação com o objeto e (iii) sua relação com seu interpretante.

➔ **O signo em si mesmo (*representamen*):**

- Quali-signo: quando o signo se apresenta como uma qualidade não corporificada, como ocorre com as sensações e cores, por exemplo. Nas palavras de Peirce (1975): "Quali-signo é uma qualidade que é um Signo. Não pode, em verdade, atuar como um signo enquanto não se corporificar" (p.100).

- Sin-signo: é um quali-signo que se tornou singular devido à sua aplicação, ou existência concreta. Em outras palavras, um quali-signo corporificado. Peirce (1975) afirma que: "[...] esses quali-signos são de tipo especial e só constituem um signo [sin-signo] quando efetivamente corporificados" (p.100).

- Legi-signo: é o signo que tem o "poder de agir semioticamente, de gerar signos interpretantes" (Santaella, 2012b, p.101), uma vez que remete a uma lei ou convenção. As letras e símbolos, como as setas, são legi-signos. "Um legi-signo é uma lei que é um signo. [...] Todo signo convencional é um legi-signo" (PEIRCE, 1975, p.101).

➔ **O signo em sua relação com o objeto:**

- Ícone: quando o signo apresenta qualidade de semelhança com o objeto. Para ser um ícone deve haver similitude[7] entre *representamen* e objeto.

[7] É importante destacar que tal similitude pode ocorrer tanto no campo da aparência como da funcionalidade. Por exemplo, o ícone "lixeira" que faz parte do cotidiano da informática é empregado devido à similitude

> Um ícone é um signo que se refere ao Objeto, que denota apenas em virtude de seus caracteres próprios, caracteres que ele igualmente possui quer um tal Objeto realmente exista ou não (PEIRCE, 2005, p.52).

- Índice: remete ao objeto diretamente, aponta características ou indica algo que possa ser ligado ao objeto.

> Os signos da secundidade pressupõem as qualidades, mas na relação com o objeto, caracterizando-se pela referencialidade. Na matriz visual, mantém uma conexão física com seu objeto, como, por exemplo, em um mapa, um retrato, um desenho, uma figura (KIILL, 2009, p.56).

- Símbolo: representa uma lei ou regra, uma convenção estabelecida por uma mente individual ou por uma comunidade.

> Um símbolo é um signo que se refere ao objeto que denota em virtude de uma lei, normalmente uma associação de ideias no sentido de fazer com que o símbolo seja interpretado como se referindo àquele objeto (PEIRCE, 2005, p. 52).

➔ **O signo em sua relação com o interpretante gerado:**

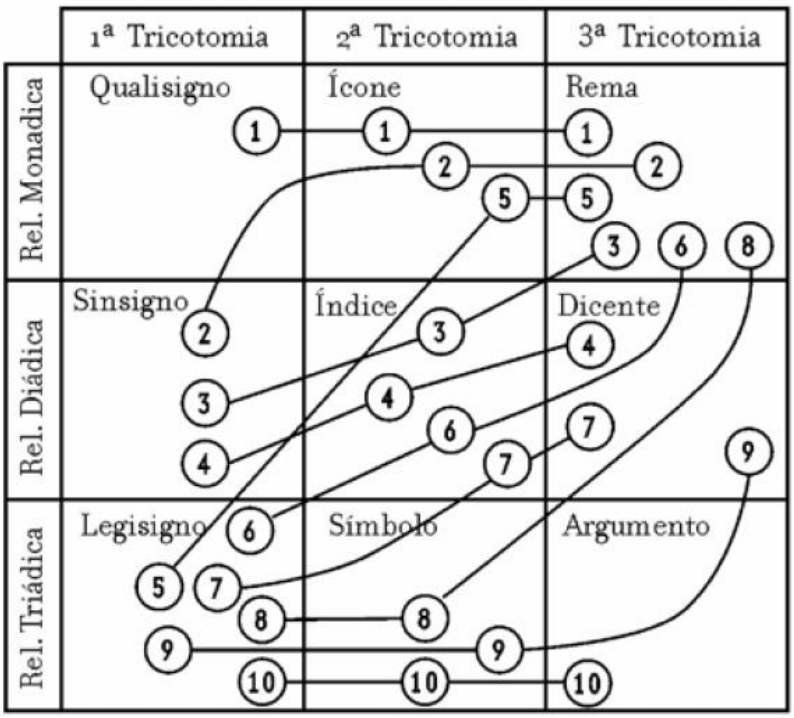
- Rema: quando o signo se apresenta, para seu interpretante, como uma possibilidade qualitativa, uma hipótese;
- Dicente: o signo se apresenta para seu interpretante como um signo de existência concreta, apresenta fatos;
- Argumento: signo que, para seu interpretante, consiste na generalização ou lei, sugerindo proposições e induções.

A combinação dessas tricotomias forma dez classes possíveis de signos, conforme a Figura 2, extraída de Queiroz (2007):

---

funcional com as lixeiras domésticas, ainda que não haja qualquer semelhança de aparência entre elas e a forma de armazenamento de arquivos “descartados” no computador.

Figura 2: As dez classes de signos possíveis.



Fonte: Queiroz (2007), p.188.

Segundo Queiroz (2007), “Vinte e sete combinações podem ser produzidas, das quais dez são permitidas” (p.188). Isso acontece, pois, “os Signos possuem certas ‘características’, ‘estão em relação com algo’, e ‘podem ser traduzidos’” (PEIRCE[8], 1984, p.332-3 *apud* QUEIROZ, 2007. p. 187). Segundo Peirce, por exemplo,

> Nossa definição proíbe o ícone de ser um dicisigno, porque o interpretante de um ícone não pode representá-lo como um índice (...) Argumentos podem apenas ser símbolos, não índices ou ícones (PEIRCE, 1998, p.277, tradução nossa).

Savan[9] (1987-88 *apud* QUEIROZ, 2007) explica que essas restrições são chamadas ‘regra de qualificação’, uma vez que,

> O tipo de relação que responde à primeira questão “qualifica” a segunda que “qualifica” a terceira. Um “primeiro pode ser qualificado apenas por um primeiro; um segundo pode ser qualificado por um primeiro e por um segundo; um terceiro pode ser qualificado por um

[8] PEIRCE, C.S. ***Writings of Charles S. Peirce*.** Peirce Edition Project. (ed.). Indiana: Indiana University Press, 1984.
[9] SAVAN, D. ***An Introduction to C.S.Peirce's full system of semiotic*. Monograph** Series of the Toronto Semiotic Circle, vol.1: Victoria College, 1987-88.

> primeiro, por um segundo e por um terceiro" (SAVAN, 1987-88, p. 14 *apud* QUEIROZ, 2007, p. 188).

Neste trabalho, um dos objetivos é analisar formas de comunicação do conhecimento científico empregadas por autores de LDs, e não como esse conhecimento é interpretado por seus usuários. Assim, a terceira tricotomia, referente ao interpretante gerado, não será aplicada, resultando apenas combinações referentes às duas primeiras tricotomias: o signo em si mesmo e o signo em relação a seu objeto. Considerando as combinações apresentadas na Figura 2, surgem as seguintes categorias de análise apresentadas com exemplos citados por Peirce (1975).

- **Quali-signo icônico**: o signo que se classifica dessa maneira é, sobretudo, uma qualidade. Denota o objeto por meio de semelhança. Ex: Uma pintura abstrata considerando a sua qualidade primeira – Sensação - (cores, luminosidade, textura), sem tentarmos interpretar.

- **Sin-signo icônico**: apresenta-se como uma representação particular de uma coisa. Por ser um ícone, apresenta apenas qualidades, características do objeto. Ex: Um organograma que represente a hierarquia de uma empresa específica, um diagrama.

- **Sin-signo indicial:** o signo dessa classe faz referência ao objeto por ser particular e apontar para suas evidências. Ex: um grito espontâneo causado por um susto.

- **Legi-signo icônico:** generalização, que traz ao interpretante uma qualidade ou semelhança com o objeto representado. Ex: um gráfico que represente o crescimento populacional.

- **Legi-signo indicial:** é uma categoria onde uma lei é apresentada por meio de um indício do objeto. Ex: A sirene de uma ambulância.

- **Legi-signo simbólico:** são signos gerais, em relação ao próprio signo ou em relação ao seu objeto. Ex: um substantivo comum.

No processo de análise das imagens presentes nos LDs objetos de dessa pesquisa buscou-se avaliar o papel por elas desempenhado no contexto em que se apresentam. Para essa finalidade, a categorização proposta por Peirce mostrou-se ferramenta interessante, ainda que a simples classificação de imagens não seja o objetivo principal dessa pesquisa. No próximo capítulo serão apresentadas as questões metodológicas em maior grau de detalhamento.

3. Metodologia

Uma vez definidos os livros didáticos como objeto de análise por sua importância e papel desempenhado em sala de aula, optou-se por analisar as obras dedicadas ao ensino de Química e Física no Ensino Médio constantes do Programa Nacional do Livro Didático de 2015 (ver Anexo 1 e Anexo 2).

Para definição do tipo de metodologia que seria aplicada, fez-se um levantamento dos métodos de pesquisa que poderiam ser adotados: Qualitativo, quantitativo ou misto. Segundo Creswell (2007)

> Os métodos quantitativos envolvem os processos de coleta, análise, interpretação e redação dos resultados de um estudo [...].
>
> Os métodos qualitativos de coleta e análise de dados e de redação do relatório diferem das abordagens tradicionais, quantitativas. A utilização de amostras intencionais, a coleta de dados com perguntas abertas, as análises de texto ou imagens, a representação da informação em gráficos e tabelas, e a interpretação pessoal dos resultados das averiguações, todas constituem subsídios aos procedimentos qualitativos[...].
>
> Os procedimentos de métodos mistos empregam aspectos tanto dos métodos quantitativos quanto dos procedimentos qualitativos. No planejamento desses procedimentos, os pesquisadores precisam transmitir a intenção da pesquisa de métodos mistos e suas aplicações nas ciências sociais e humanas. (CRESWELL, 2007, p. 18)

Para Godoy (1995)

> Num estudo quantitativo o pesquisador conduz seu trabalho a partir de um plano estabelecido a priori, com hipóteses claramente especificadas e variáveis operacionalmente definidas. Preocupa-se com a medição objetiva e a quantificação dos resultados. [...]. De maneira diversa, a pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve (GODOY, 1995, p.58).

Segundo Creswell (2007), o método de pesquisa misto surgiu *"em resposta à necessidade de esclarecer o objetivo de reunir dados quantitativos e qualitativos em um único estudo"* (p.211). Essa forma de abordagem

> Combina os métodos predeterminados das pesquisas quantitativas com métodos emergentes das qualitativas, assim como questões

> abertas e fechadas, com formas múltiplas de dados contemplando todas as possibilidades, incluindo análises estatísticas e análises textuais (DAL-FARRA; LOPES, 2013, p.70).

Esse método de pesquisa tem se destacado, pois

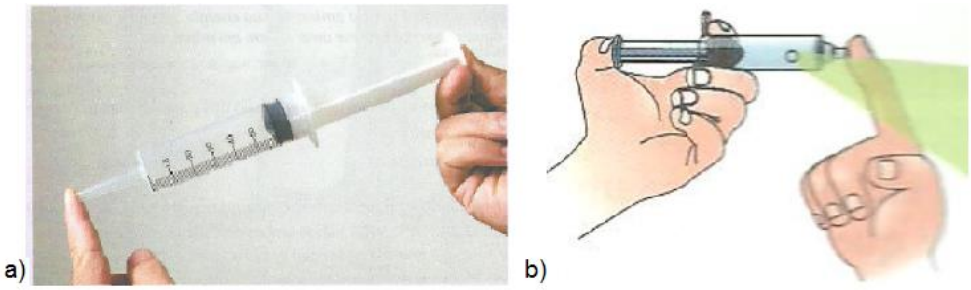
> A utilização de múltiplas abordagens pode potencializar os pontos fortes de cada abordagem e compensar seus pontos fracos. Também pode fornecer respostas mais abrangentes para questões de pesquisa, indo além das limitações de uma única abordagem (SPRATT; WALKER; ROBISON, 2004, p. 6, tradução nossa).

Assim sendo, e levando em consideração os aspectos apesentados para cada tipo de metodologia, optou-se pelo método misto de pesquisa para nortear o estudo. Sendo o método misto uma combinação dos aspectos qualitativos e quantitativos, para a parte **quantitativa** da análise, algumas das categorias de imagens por Souza (2012) foram utilizadas com caráter norteador, ainda que não assumidas, necessariamente, como categorias *a priori*. Tais categorias são: (i) laboratório e experimentação; (ii) indústria e meios produtivos; (iii) gráficos e diagramas; (iv) ilustrações relacionadas ao cotidiano (com função meramente ornamental ou explicativa); (v) Modelos (cristalográficos / estruturais ou em nível atômico molecular); (vi) ilustrações que remetem à História da Ciência; (vii) Fotos ou esquemas de amostras de origem animal, vegetal ou mineral; e (viii) Analogias.

Ainda sobre os aspetos quantitativos, buscou-se tipificar as imagens, dentro das categorias, em fotografia, desenho, tabela e gráficos, de acordo com o proposto por Gibin, Kiill e Ferreira (2009), inspirados pelo trabalho de Perales e Jimenez (2002).

Segundo o dicionário on line *Michaelis,* fotografia é uma imagem produzida através de uma câmera fotográfica, captada digitalmente ou em filme, e revela uma face do objeto sendo a "cópia ou reprodução fiel e exata de algo" . Desenho é a "arte e técnica de representar visualmente a forma desses elementos, servindo-se de linhas ou traços, assim como de efeitos de luz, cores e sombras". Na Figura 3 estão exemplos de imagens classificadas como fotografia e desenho, respectivamente.

Figura 3: Imagens classificadas como fotografia e desenho, respectivamente.



Fonte: a) Q1; b) Q4

Os objetivos almejados com a análise quantitativa estavam mais relacionados à construção de visão geral sobre a presença de imagens e do tipo de conteúdo comunicado.

A parte **qualitativa** da análise deu-se sob a perspectiva da semiótica peirceana, buscando identificar os objetos a que as imagens (signos) se referem, a partir do contexto em que elas estão inseridas e da função que nele desempenham.

Concordando com Perales e Jimenez (2002),

> [...] nos livros didáticos as ilustrações não estão isoladas dos textos, mas intercaladas com o texto. Se esperamos que as ilustrações ajudem a compreender o texto, devemos estudar onde elas aparecem e quais relações mútuas são estabelecidas [...] (PERALES; JIMENEZ, 2002, p. 370).

Dessa forma, a combinação da análise quantitativa e qualitativa propicia o estudo não somente da quantidade e frequência das imagens, mas também de como o conhecimento é comunicado nos diferentes livros.

Um levantamento preliminar permitiu identificar conteúdos abordados tanto nos livros de Química quanto nos de Física: *Temperatura*, *Calor*, *Mudança de fase/estado e Diagramas de fase*; *Teoria dos Gases*; *Estrutura dos sólidos*; *Entropia*; *Modelos atômicos*; *Tabela periódica*; *Ligações químicas*; *Fissão e fusão nuclear* e *Corrente elétrica, pilhas e baterias*. Levando em conta que o estudo visa ser o mais imparcial possível em relação às duas áreas científicas, uma vez que as autoras deste trabalho são formadas em Química, e pela quantidade de conteúdos abordados, optou-se pela análise dos capítulos que abordavam os temas “Teoria dos Gases” e “Pilhas e Baterias”, pois todos os livros analisados fazem menção a esses assuntos, e trazem

aspectos relacionados ao modelo de partículas, relacionando-os com energia, assuntos trabalhados nas duas áreas da ciência. Se fossem analisados capítulos que têm enfoques diferentes nas duas áreas da ciência, como os capítulos referentes às ligações químicas, ou tabela periódica, com ênfase nos livros de Química, ou, e corrente elétrica, mais aprofundado nos livros de Física, a análise não seria adequada.

Além disso, também buscou-se analisar capítulos que houvessem uma quantidade significativa de conteúdos, para que a análise pudesse ser feita de maneira ampla e efetiva, a fim de minimizar possíveis discrepâncias.

4. Resultados e discussão

Para facilitar a análise e tornar os dados mais concisos, os livros foram identificados por letras e números, conforme apresentado nas tabelas abaixo.

Tabela 1 - Relação dos livros de Química analisados

Livros didáticos de Química			
Identificação	**Nome do livro**	**Primeiro autor**	**Editora**
Q1	Química	Martha Reis	Ática
Q2	Química	Eduardo Mortimer	Editora Scipione
Q3	Química cidadã.	Wildson Santos	Editora AJS
Q4	Ser protagonista – Química	Murilo Antunes	Editora SM

Fonte: Adaptado de Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015: Química: ensino médio, 2014.

Tabela 2 - Relação dos livros de Física analisados

Livros didáticos de Física			
Identificação	**Nome do livro**	**Primeiro autor**	**Editora**
F1	Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Ed. Ática
F2	Física.	Alysson Artuso	Ed. Positivo
F3	Física: Conceitos e contextos: pessoal, social, histórico.	Mauricio Pietrocola	Editora FTD
F4	Física.	José Piqueira	Editora Ática
F5	Física aula por aula.	Claudio Xavier	ED. FTD
F6	Física Contexto & aplicações.	Antônio Máximo	Ed. Scipione
F7	Física.	José Bonjorno	Editora FTD
F8	Física Interação e Tecnologia.	Aurélio Gonçalves Filho	Editora Leya.
F9	Física para o Ensino Médio	Luiz Fuke	Ed. Saraiva
F10	Física.	Ricardo Doca,	Ed. Saraiva
F11	Quanta física.	Carlos Kantor	Editora Pearson
F12	Ser protagonista Física	Ângelo Stefanovits	Ed. SM
F13	Conexões com a Física.	Gloria Martini	Ed. Moderna
F14	Física Ciência e tecnologia.	Carlos Torres	Ed. Moderna

Fonte: Adaptado de Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015: Física: ensino médio, 2014.

A análise inicial dos livros sobre o capítulo de Teoria dos Gases (que foi feito antes do conteúdo de Pilhas e Baterias), levou à proposição de sete categorias, a partir do já mencionado trabalho de Souza (2012) e mesclando outras que se mostraram necessárias e pertinentes. A análise do o conteúdo de Pilhas e baterias corroborou a adequação desse conjunto de categorias, que se encontra abaixo explicitado. Descrição pormenorizada de cada uma delas será apresentada posteriormente.

a. Laboratório e experimentação (L&E);
b. Experimentação com modelo atômico-molecular (ECM);
c. Modelo atômico-molecular (MAM);
d. Cotidiano (COT);
e. História da Ciência (HIS);
f. Gráficos (GRA);
g. Tabelas e Quadros (TAB);

Os resultados serão apresentados em duas etapas, segundo uma das formas de estruturação de resultados sugeridas por Creswell (2007):

> Para um estudo sequencial, os pesquisadores de métodos mistos geralmente organizam o relatório de procedimento em coleta e análise de dados quantitativos, seguidas por coleta e análise de dados qualitativos. Depois, nas conclusões, ou na fase de interpretação do estudo, o pesquisador comenta sobre como os resultados qualitativos ajudaram a elaborar ou ampliar os resultados quantitativos (CRESWELL, 2007, p. 224)

Primeiramente será apresentada a análise quantitativa, separada por conteúdo analisado - Teoria dos Gases e Pilhas e Baterias. Posteriormente, passar-se-á à análise qualitativa, relacionando ambos os conteúdos com a Teoria dos Signos de Peirce, a partir do referencial teórico construído por Souza (2012). Finalmente, os dados referentes às duas análises serão combinados, a fim de ampliar a leitura acerca das estratégias de comunicação nos livros didáticos.

4.1 Resultados Quantitativos

4.1.1 “Teoria dos Gases”

Das quatro coleções de livros de Química, três (Q2, Q3 e Q4) apresentam capítulo referente à teoria dos gases no Volume 1. No livro Q1 o conteúdo foi dividido em 3 capítulos, distribuídos no Volume 2. Todos apresentam a definição de gás e citam as variáveis de estado (temperatura, pressão e volume) e transformações gasosas (isobáricas, isométricas e isocóricas), seja através da definição escrita ou da sugestão de experimentos, além de discutirem os conceitos de difusão e efusão dos gases.

Das 14 coleções de Física, 13 abordam, no Volume 2 de suas respectivas coleções, a definição de gás, as variáveis de estado, as transformações gasosas, a equação geral dos gases e a equação de estado dos gases ideais. Somente uma coleção (F11) o faz no Volume 1. Menos da metade deles (cinco coleções) abordam o tema difusão, mas a maioria das coleções analisadas (F1, F2, F5, F6, F8, F9, F10) fala sobre energia cinética, e quatro coleções discorrem sobre velocidades das partículas.

Os nomes dos capítulos dedicadas à teoria dos gases podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Títulos dos capítulos de “Teoria dos gases” analisados nos livros

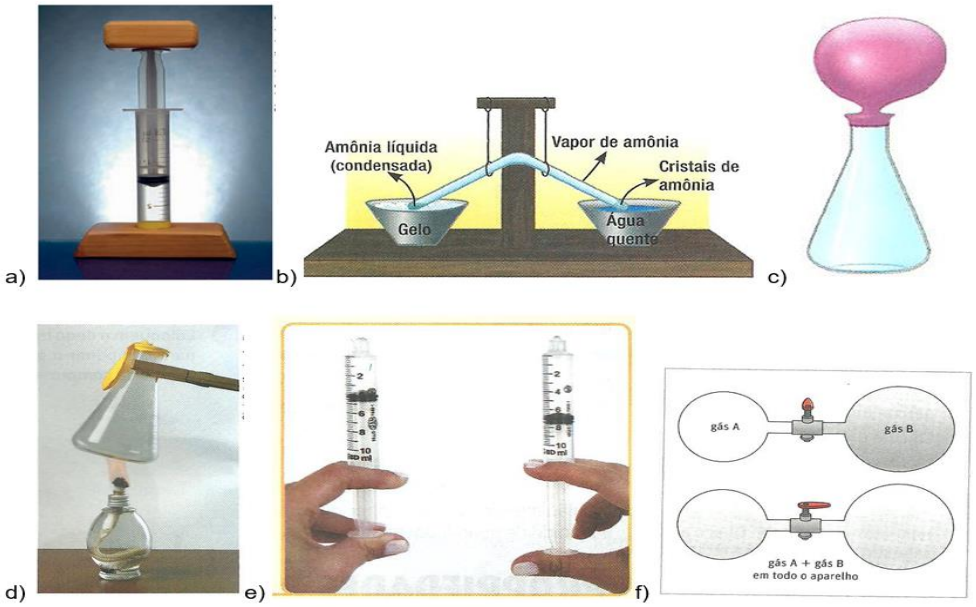
Livro	Volume do livro	Número do capítulo	Título do capítulo
Q1	2	1	Teoria cinética dos gases,
		2	Equação geral dos gases,
		3	Misturas gasosas
Q2	1	5	Um modelo para os estados físicos dos materiais
Q3	1	4	Estudo dos gases
Q4	1	16	Os gases e suas transformações
F1	2	13	Comportamento térmico dos gases
F2	2	4	Estudo dos gases
F3	2	5	Calor como energia
F4	2	3	Primeira lei da Termodinâmica
F5	2	9	Comportamento térmico dos gases
F6	2	2	Comportamento dos gases
F7	2	6	Estudo dos gases
F8	2	1	Uma teoria para a temperatura e o calor
F9	2	5	Estudo dos gases
F10	2	4	Gases perfeitos
F11	1	4	Máquinas e processos térmicos
F12	2	3	Estudo dos gases
F13	2	8	Estudo dos gases e a equação de um gás ideal
F14	2	3	Comportamento térmico dos materiais

Fonte: Elaborada pela autora

Conforme mencionado anteriormente, as imagens utilizadas pelos autores ao debater os temas acima foram categorizadas. Abaixo, breve descrição dessas categorias, seguida de exemplos para esse conteúdo.

a. <u>Laboratório e experimentação (L&E)</u>: nessa categoria estão as imagens que fazem menção a aparatos usados em laboratório, ou procedimentos de experimentação, sejam elas fotografias ou desenhos.

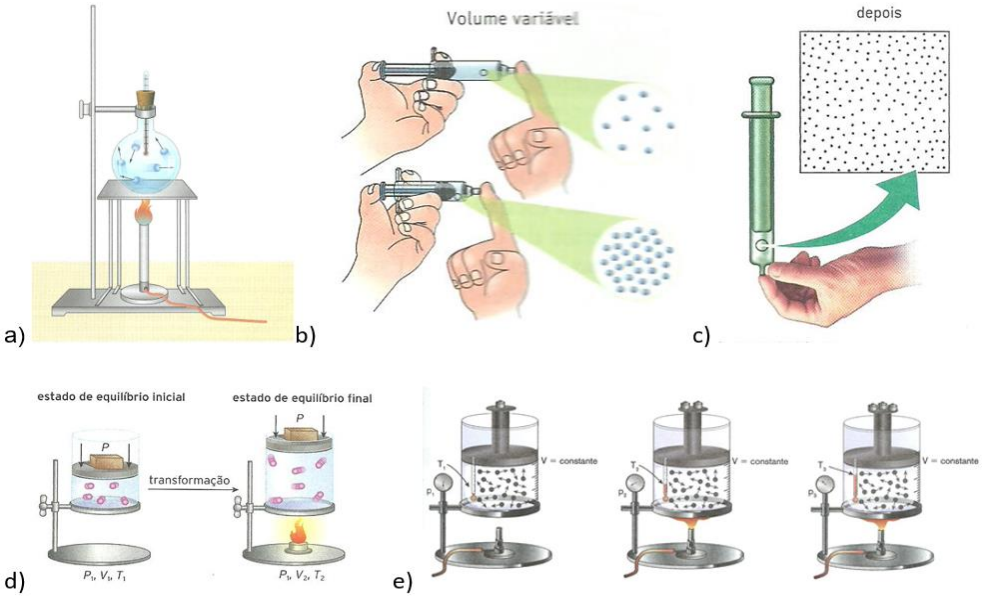
Figura 4: Exemplos de imagens da categoria Laboratório e Experimentação para Teoria dos Gases.



Fonte: a) F1; b) F2; c) F9; d) Q2. e) Q3; f) Q4

b. <u>Experimentação com modelo atômico-molecular (ECM)</u>: aqui estão as imagens que além de representar as práticas experimentais, estão incrementadas com a representação em nível atômico-molecular das partículas envolvidas.

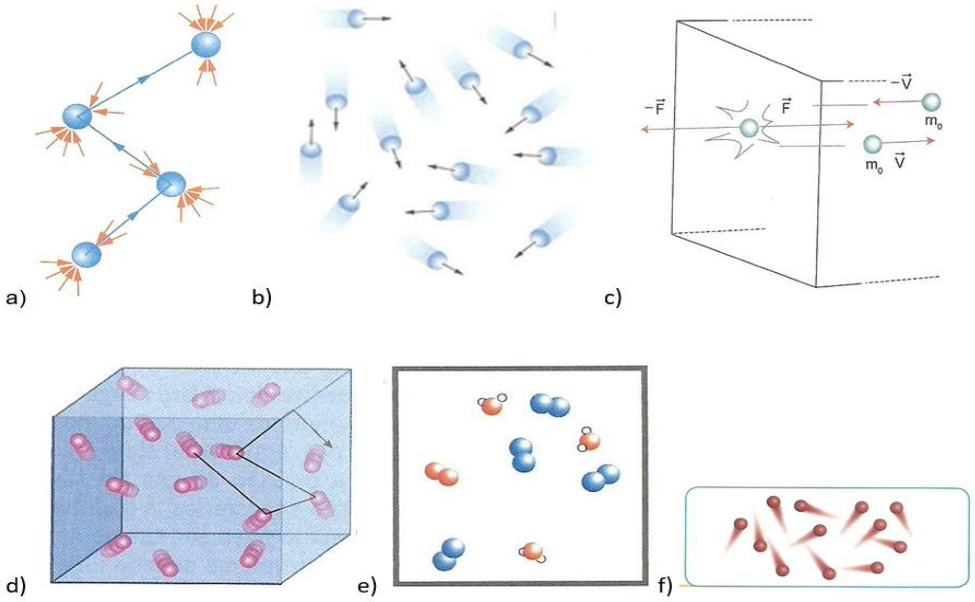
Figura 5: Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular para Teoria dos Gases



Fonte: a) F8; b) F10; c) Q2; d) F1; e) F7.

c. <u>Modelo atômico-molecular (MAM):</u> são as imagens que enfocam na representação atômico-molecular, ou seja, dão formas e cores a partículas e procuram descrever o comportamento delas.

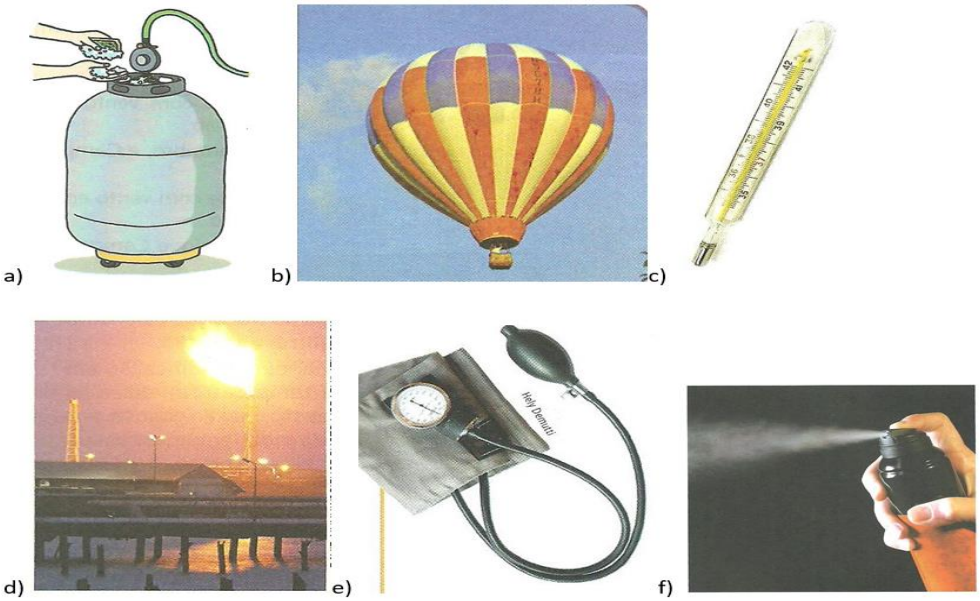
Figura 6: Exemplos de imagens da categoria Modelo atômico-molecular para Teoria dos Gases.



Fonte: a) F6; b) F7; c) F2; d) F12; e) Q1; f) Q2

d. <u>Cotidiano (COT):</u> as imagens dessa categoria estão relacionadas a fenômenos ou objetos relacionados ao dia a dia.

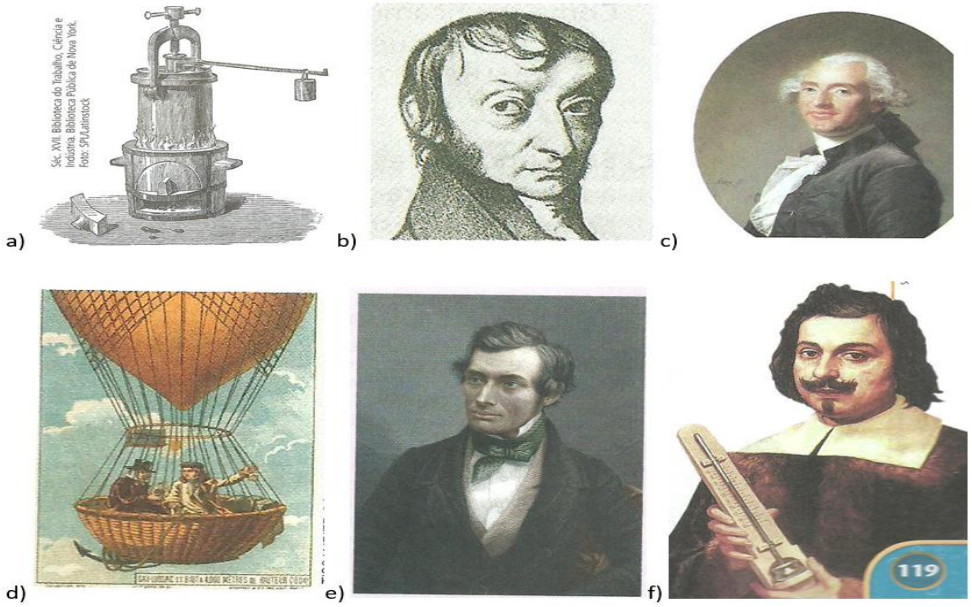
Figura 7: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano para Teoria dos Gases.



Fonte: a) F9; b) F5; c) F8; d) F13; e) Q2; f) Q1

e. *<u>História da Ciência (HIS):</u>* imagens de cientistas e de aparatos que fazem referência ao passado.

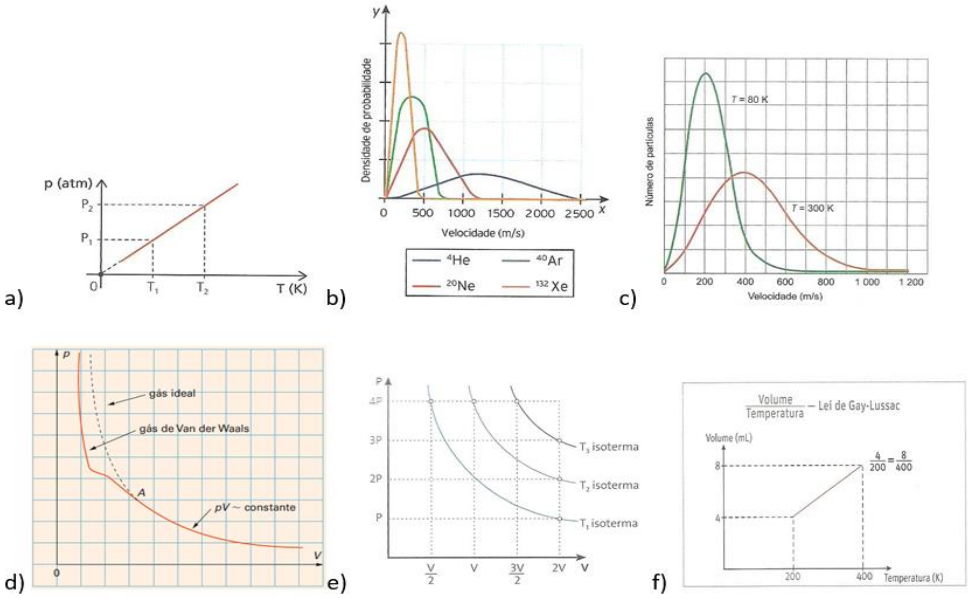
Figura 8: Exemplos de imagens da categoria História da Ciência para Teoria dos Gases.



Fonte: a) F3; b) F6; c) F9; d) F14. e) F14; f) Q3

f. <u>*Gráficos (GRA):*</u> nessa categoria estão as representações em plano cartesiano.

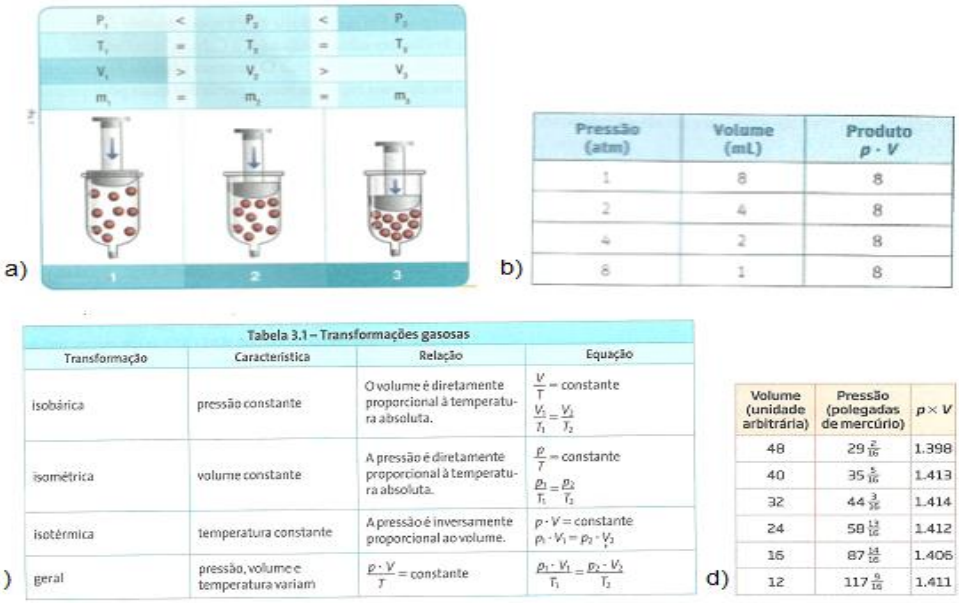
Figura 9: Exemplos de imagens da categoria Gráficos para Teoria dos Gases.



Fonte: a) F9; b) F12; c) F2; d) F1. e) Q1; f) Q4

f. <u>Tabelas e Quadros *(TAB):*</u> nessa categoria estão as representações feitas em forma de tabelas e quadros.

Figura 10: Exemplos de imagens da categoria Tabelas para Teoria dos Gases.



a)

P_1	<	P_2	<	P_3
T_1	=	T_2	=	T_3
V_1	>	V_2	>	V_3
m_1	=	m_2	=	m_3

b)

Pressão (atm)	Volume (mL)	Produto $p \cdot V$
1	8	8
2	4	8
4	2	8
8	1	8

c)

Tabela 3.1 – Transformações gasosas

Transformação	Característica	Relação	Equação
isobárica	pressão constante	O volume é diretamente proporcional à temperatura absoluta.	$\frac{V}{T}$ = constante; $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
isométrica	volume constante	A pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta.	$\frac{p}{T}$ = constante; $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
isotérmica	temperatura constante	A pressão é inversamente proporcional ao volume.	$p \cdot V$ = constante; $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$
geral	pressão, volume e temperatura variam	$\frac{p \cdot V}{T}$ = constante	$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$

d)

Volume (unidade arbitrária)	Pressão (polegadas de mercúrio)	$p \times V$
48	$29\frac{5}{16}$	1.398
40	$35\frac{5}{16}$	1.413
32	$44\frac{3}{16}$	1.414
24	$58\frac{13}{16}$	1.412
16	$87\frac{13}{16}$	1.406
12	$117\frac{5}{16}$	1.411

Fonte: a) Q3; b) Q4; c) F4; d) F13

A partir da análise dos livros de Química e Física foi possível fazer um levantamento da frequência das imagens por categorias (apresentadas acima).

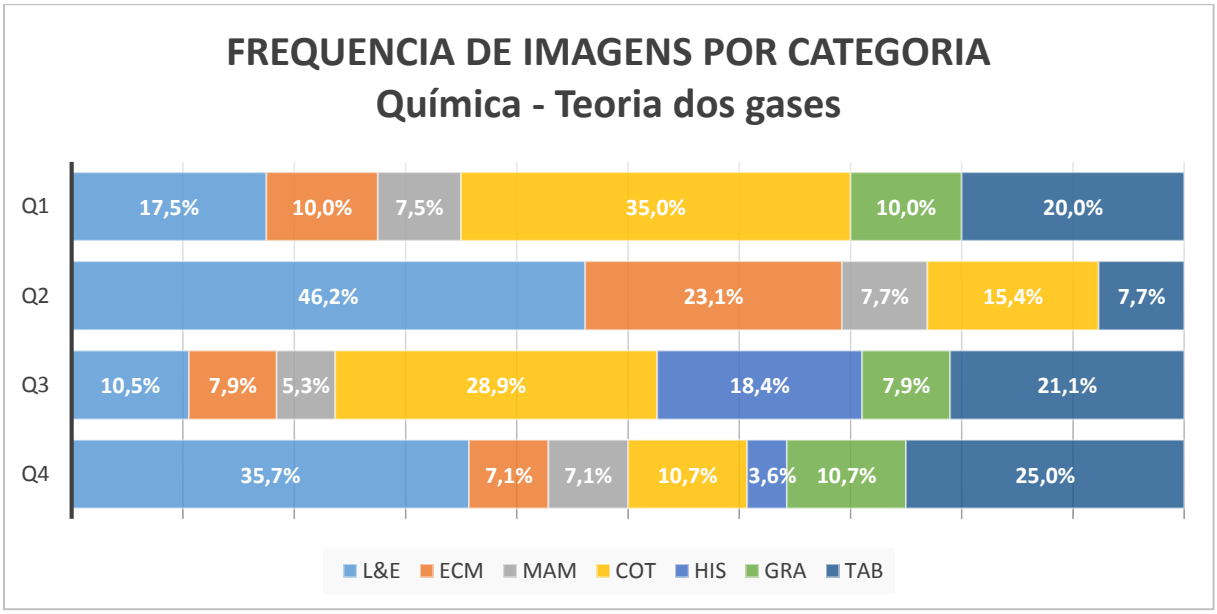
Tabela 4 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Química para “Teoria dos Gases”

	L&E	ECM	MAM	COT	HIS	GRA	TAB	Total
Q1	7 17,5%	4 10,0%	3 7,5%	14 35,0%	0 0,0%	4 10,0%	8 20,0%	40 100%
Q2	6 46,2%	3 23,1%	1 7,7%	2 15,4%	0 0,0%	0 0,0%	1 7,7%	13 100%
Q3	4 10,5%	3 7,9%	2 5,3%	11 28,9%	7 18,4%	3 7,9%	8 21,1%	38 100%
Q4	10 35,7%	2 7,1%	2 7,1%	3 10,7%	1 3,6%	3 10,7%	7 25,0%	28 100%

Fonte: Elaborada pela autora

A partir da tabela construiu-se o gráfico que explicita a distribuição das imagens nas categorias em cada livro (Gráfico 1)

Gráfico 1:Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Química



Fonte: Elaborado pela autora

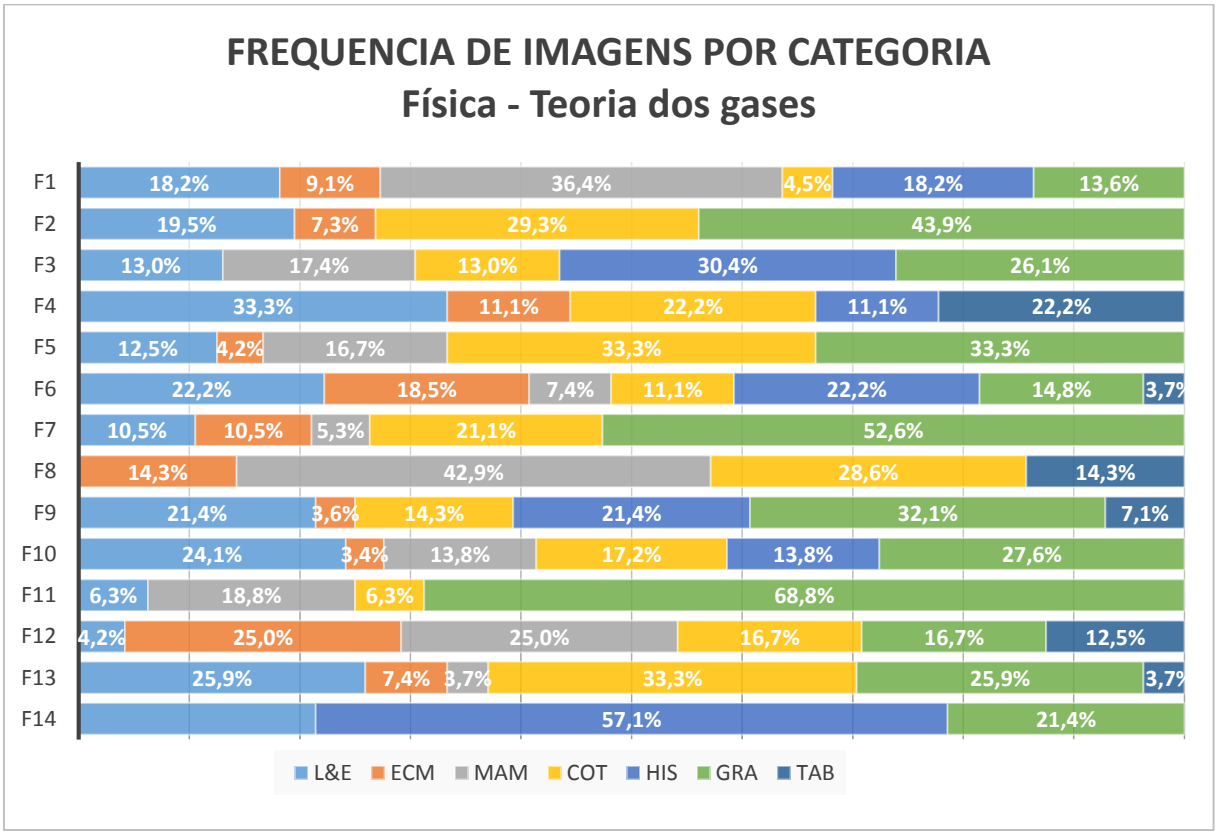
Pôde-se também construir tabela (Tabela 5) e gráfico para os dados referentes aos livros de Física (Gráfico 2)

Tabela 5 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Física para “Teoria dos Gases”

	L&E	ECM	MAM	COT	HIS	GRA	TAB	Total
F1	4 18,2%	2 9,1%	8 36,4%	1 4,5%	4 18,2%	3 13,6%	- 0,0%	22 100,0%
F2	8 19,5%	3 7,3%	- 0,0%	12 29,3%	0 0,0%	18 43,9%	- 0,0%	41 100,0%
F3	3 13,0%	- 0,0%	4 17,4%	3 13,0%	7 30,4%	6 26,1%	- 0,0%	23 100,0%
F4	3 33,3%	1 11,1%	- 0,0%	2 22,2%	1 11,1%	- 0,0%	2 22,2%	9 100,0%
F5	3 12,5%	1 4,2%	4 16,7%	8 33,3%	- 0,0%	8 33,3%	- 0,0%	24 100,0%
F6	6 22,2%	5 18,5%	2 7,4%	3 11,1%	6 22,2%	4 14,8%	1 3,7%	27 100,0%
F7	2 10,5%	2 10,5%	1 5,3%	4 21,1%	- 0,0%	10 52,6%	- 0,0%	19 100,0%
F8	- 0,0%	1 14,3%	3 42,9%	2 28,6%	- 0,0%	- 0,0%	1 14,3%	7 100,0%
F9	6 21,4%	1 3,6%	- 0,0%	4 14,3%	6 21,4%	9 32,1%	2 7,1%	28 100,0%
F10	7 24,1%	1 3,4%	4 13,8%	5 17,2%	4 13,8%	8 27,6%	- 0,0%	29 100,0%
F11	1 6,3%	- 0,0%	3 18,8%	1 6,3%	- 0,0%	11 68,8%	- 0,0%	16 100,0%
F12	1 4,2%	6 25,0%	6 25,0%	4 16,7%	- 0,0%	4 16,7%	3 12,5%	24 100,0%
F13	7 25,9%	2 7,4%	1 3,7%	9 33,3%	- 0,0%	7 25,9%	1 3,7%	27 100,0%
F14	3 21,4%	- 0,0%	- 0,0%	- 0,0%	8 57,1%	3 21,4%	- 0,0%	14 100,0%

Fonte: Elaborada pela autora

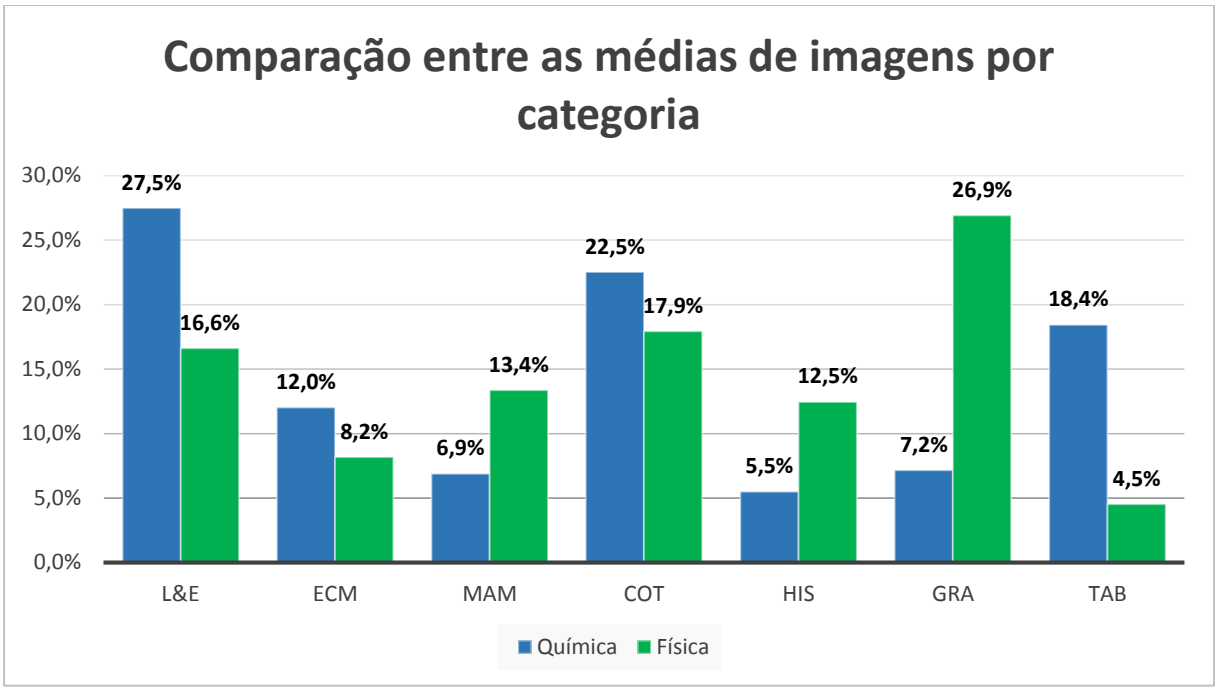
Gráfico 2: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Física



Fonte: Elaborada pela autora

Para efeito de comparação entre as ciências, Química e Física, foi feita a média da frequência das imagens por categorias para cada área. Essa média aritmética foi calculada a partir da soma das porcentagens de imagens em cada livro dividido pelo número total de livros, ou seja, por exemplo, para a categoria *Laboratório e experimentação* para os livros de Química [(17,5 + 46,2 + 10,5 + 35,7)/4], resultando em 27,5%. O mesmo procedimento foi realizado para todas as categorias de Química e Física. Esse cálculo de médias entre as frequências foi feito com o objetivo de se estabelecer uma comparação não somente de uma coleção em relação a outra, mas da tendência do uso das imagens usadas nos livros de Química e Física, na tentativa de reduzir as influências de uma ou outra coleção e considerar um aspecto geral, relacionado a área do conhecimento. Assim sendo, pode-se fazer uma comparação entre os livros de Química e Física, representada pelo Gráfico 3.

Gráfico 3: Comparação entre as médias de imagens por categoria no conteúdo de Teoria dos Gases nos livros de Física e Química



Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se, a partir das análises do gráfico, que os livros didáticos de Química apresentam mais imagens nas categorias *Laboratório e experimentação e Cotidiano*, enquanto que a maior incidência de imagens nos livros de Física foi classificada como *Gráficos* e *Cotidiano*. Pode-se observar também que 18,4% das imagens presentes nos livros de Química são tabelas, que podem reunir tanto dados numéricos, quanto informações comparativas.

Apesar da média para a categoria *Laboratório e Experimentação* para os livros de Química ser 27,5% cabe ressaltar que no caso do livro Q2 e Q4, o número de imagens para essa categoria é 46,2% e 35,7% do total de imagens analisadas destes livros, respectivamente. Também é relevante citar que, para os livros de Física, a categoria *Gráficos* apresenta média de 26,9%, sendo que para o livro F7 representa 52,6% das imagens. O livro F14 apresenta 57,1% de suas imagens classificadas como *História da Ciência,* sendo que a média é 12,5%.

Buscando relação desses dados com a filosofia de cada Ciência, Schummer (2003) diz que o foco de estudo da Química é entender aspectos qualitativos da

matéria, suas propriedades e tem como eixo central a experimentação investigativa imersa em um contexto, enquanto que a Física estuda os objetos isoladamente e usa a experimentação para testar teorias e obter resultados de caráter mais quantitativo. Ainda sobre a Física, Rocha (2015) afirma que

> Uma das propostas da Física é a compreensão de fenômenos e propriedades físicas a partir de uma determinada forma de pensamento. Este, só é possível a partir de conceitos e relações entre eles, encontrados em formas de teorias, modelos e leis da Física. As teorias, como a mecânica clássica, a relatividade, a termodinâmica e a mecânica quântica são altamente formalizadas, possuem uma presença marcante da matemática. (ROCHA, 2015, p. 33)

A presença marcante da matemática nos livros de Física pode ser observada na análise dos dados obtidos, uma vez que 26,9% das imagens pertencem à categoria *Gráficos.* As equações matemáticas, sobretudo demonstrações de leis, ocupam espaço significativo nos livros dessa disciplina, ainda que não tenham sido quantificadas de forma sistematizada nesse trabalho.

Greca e Santos (2005) ressaltam que, no século XIX, duas correntes filosóficas eram recorrentes: mecanicismo e dinamicismo. Os químicos, mecanicistas, verificavam as hipóteses através dos sentidos, essencialmente qualitativa, e “uma concepção era clara quando era possível representá-la por uma imagem” (GRECA; SANTOS, 2005, p. 40). Já os físicos, dinamicistas, não aceitavam que a representação mecânica pudesse explicar tudo na natureza, sendo que o auge do dinamicismo está relacionado à mecânica quântica.

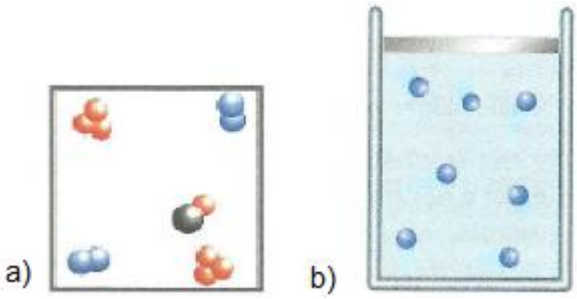
Ao longo dos séculos, segundo as autoras,

> (...) enquanto a Física foi se encaminhando cada vez mais aos padrões dos dinamicistas, rejeitando a visualização, e apoiando-se cada vez mais em estruturas matemáticas abstratas e generalizáveis, a Química manteve, em várias áreas, uma tradição mecanicista, com seus modelos particulares, visualizáveis, representáveis e objetivamente válidos e verdadeiros da natureza. É importante assinalar que estes elementos aparecem refletidos tanto nos livros didáticos usados nas duas disciplinas, quanto nos programas de estudo (GRECA; SANTOS, 2005, p. 42).

Ainda que os apontamentos de Greca e Santos (2005) citem a "rejeição" da representação atômico-molecular pelos físicos através dos séculos, cerca de 13% das imagens dos livros de Física são relativas a essas representações, superando a média

de 6,9% identificada para os LDs de Química. Apesar da aparente contradição, há de se destacar que o papel das representações é sensivelmente diferente quando comparadas as formas de utilização nas duas áreas do conhecimento. As representações apresentadas nos livros de Física apresentam as partículas a partir de perspectiva mais generalista e ideal, enquanto os LDs de Química apresentam imagens mais relacionadas a exemplos particulares, específicos e, assim, com caráter mais realista, como mostrado na Figura 11. Observa-se que há diferenciação entre as partículas através de cores e tamanhos diferentes no exemplo do livro de Química, enquanto que no exemplo do livro de Física isso não ocorre.

Figura 11: Exemplo de imagens da Categoria Modelo atômico-molecular



Fonte: a) Q2; b) F6

A mesma constatação foi apontada por Greca e Santos, pois

> (...) enquanto na Química as representações pictóricas jogam um papel principal, na Física este papel é fundamentalmente constituído pelas representações idealizadas das estruturas matemáticas. De alguma forma, então, estas diferentes tradições [mecanicista e dinamicista] têm levado a que a modelação na Física envolva construções mais racionalistas, no sentido de Bachelard, enquanto que a modelagem em Química tenderia a ser mais realista (GRECA; SANTOS, 2005, p. 42).

Como já dito anteriormente, no caso dos LDs de Química, as representações em nível atômico-molecular são mais relacionadas a exemplos específicos. Uma comprovação disso é o maior número de imagens categorizadas como ECM nos livros de Química. As representações, nesse caso, cumprem outro papel: ao invés de generalizar, ou representar qualquer gás em qualquer condição, como é o caso das imagens da categoria MAM, elas materializam o singular, dão "corpo" a ideias abstratas a partir de exemplos concretos, em situações experimentais. Isso aumenta

a sensação de realidade e confere caráter mais icônico e, assim, realista, como será mais bem discutido posteriormente.

4.1.2 Pilhas e Baterias

Os livros de Química (Q2, Q3 e Q4) fazem a apresentação do conteúdo “Pilhas e Baterias” nos Volumes 3 de suas coleções, enquanto o Q1 o faz no Volume 2. Os livros de Física alocam o conteúdo nos Volumes 3, com exceção do F11, que o faz no Volume 1. Na Tabela 6 são apresentados os títulos dos capítulos que abordam o conteúdo de Pilhas e baterias.

Tabela 6 - Títulos do s capítulos que mencionam “Pilhas e baterias”, analisados nos livros

Livro	Volume do livro	Número do capítulo	Título do capítulo
Q1	3	16	Pilhas e Baterias
Q2	2	5	Movimento dos elétrons: Uma introdução ao estudo da eletroquímica
Q3	2	7	Pilhas e eletrólise
Q4	2	14	Pilhas ou células eletroquímicas
F1	3	7	Geradores e circuitos elétricos
F2	3	5	Introdução à eletrodinâmica
F3	3	2	Circuitos elétricos
F4	3	3	Geradores e receptores elétricos
F5	3	7	Circuitos elétricos II – geradores e receptores
F6	3	5	Força eletromotriz – equação do circuito
F7	3	5	Geradores elétricos
F8	3	1	Eletrodinâmica: aparelhos e circuitos elétricos
F9	3	11	Geradores e receptores elétricos
F10	3	6	Circuitos elétricos
F11	1	5	Energia elétrica, geração e usos

F12	3	4	Circuitos elétricos
F13	3	8	Geradores e receptores
F14	3	1	Eletrostática e eletrodinâmica

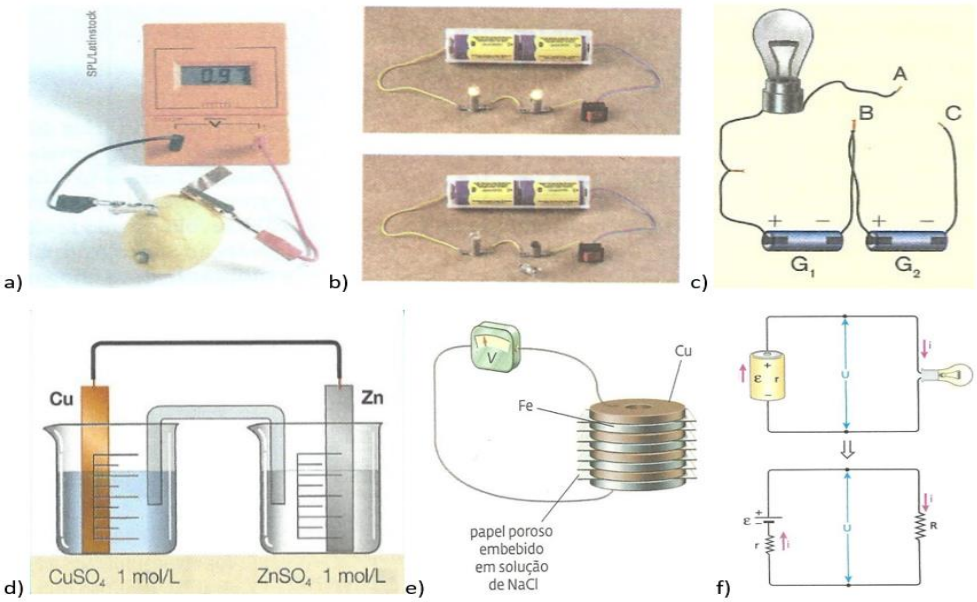
Fonte: Elaborada pela autora

Da análise dos títulos, pode-se perceber que os livros de Química utilizam a nomenclatura “pilhas e baterias” ou “células eletroquímicas” para os aparatos que geram energia elétrica através de reações químicas, enquanto os livros de Física lançam mão dos termos genéricos “Geradores” ou “Circuitos elétricos”.

Exemplos de imagens por categorias para o conteúdo de Pilhas e Baterias

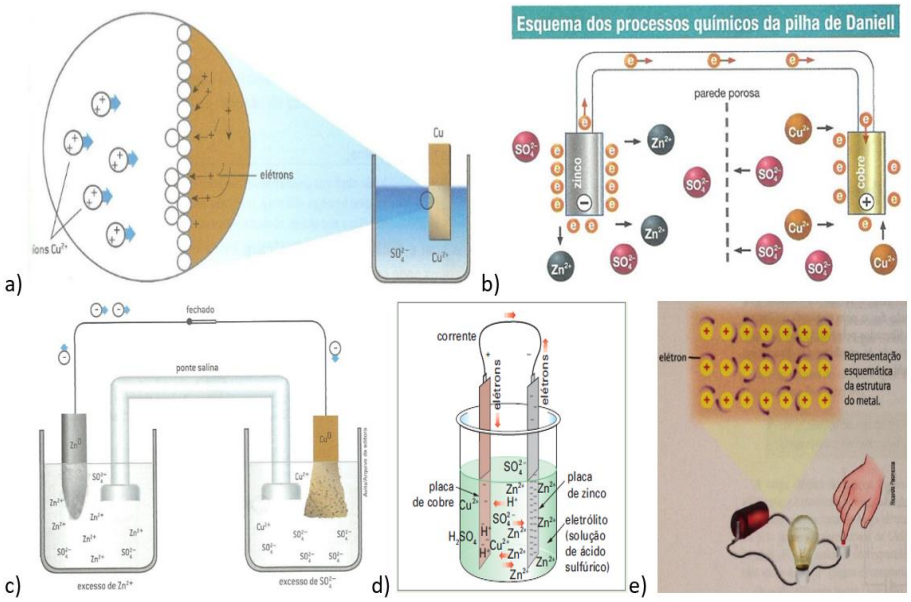
a. Laboratório e experimentação (L&E):

Figura 12: Exemplos de imagens da categoria Laboratório e Experimentação para “Pilhas e baterias”.



b. Experimentação com modelo atômico-molecular (ECM):

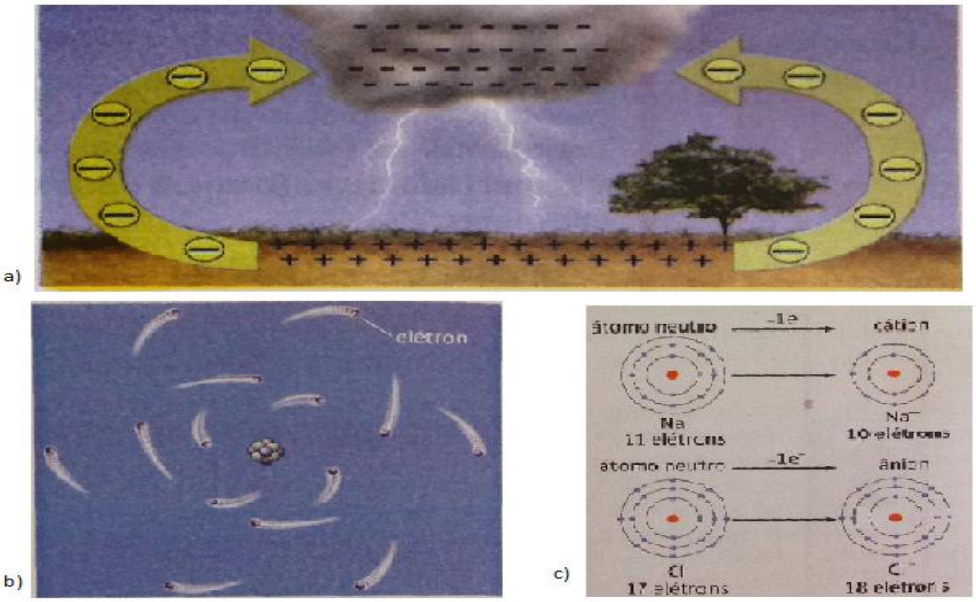
Figura 13:Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular para “Pilhas e baterias”.



Fonte: a) Q2; b) Q3; c) Q2; d) F1; e) F11.

c. *Modelo atômico-molecular (MAM):*

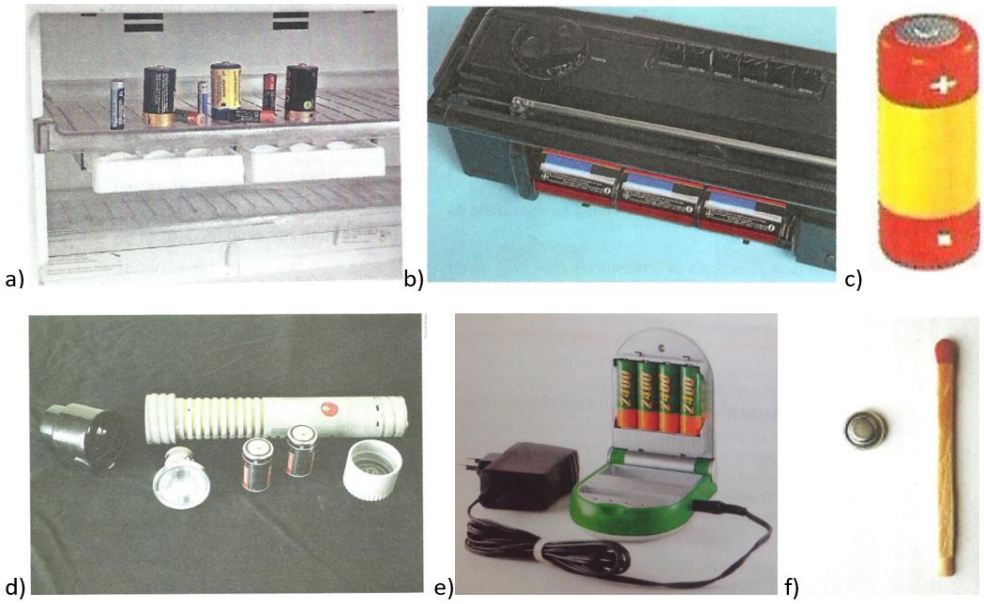
Figura 14: Exemplos de imagens da categoria Modelo atômico-molecular para “Pilhas e baterias”.



Fonte: a) F3; b) F11; c) F11.

d. Cotidiano (COT):

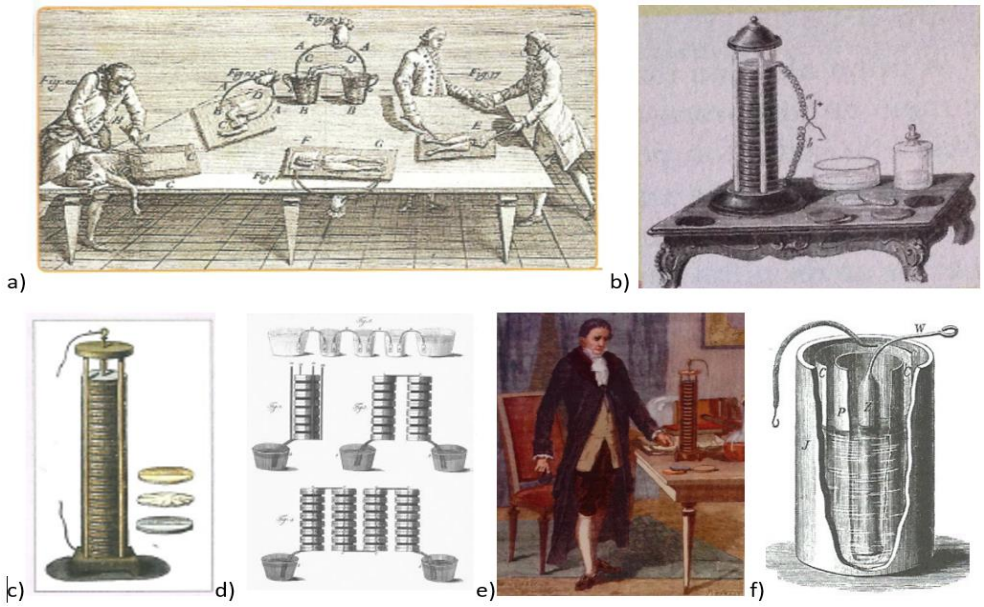
Figura 15: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano para “Pilhas e baterias”.



Fonte: a) Q1; b) F10; c) F9; d) F8; e) F11; f) Q3

e. História da Ciência (HIS):

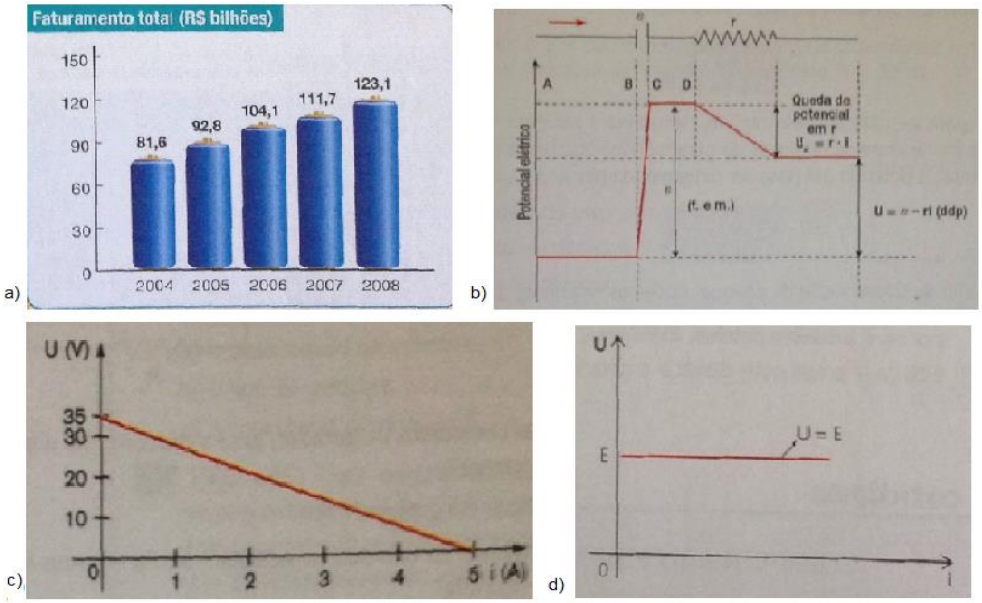
Figura 16: Exemplos de imagens da categoria História para “Pilhas e baterias”.



Fonte: a) Q3; b) F5; c) Q4; d) F1; e) F11; f) Q3

f. Gráfico (GRA):

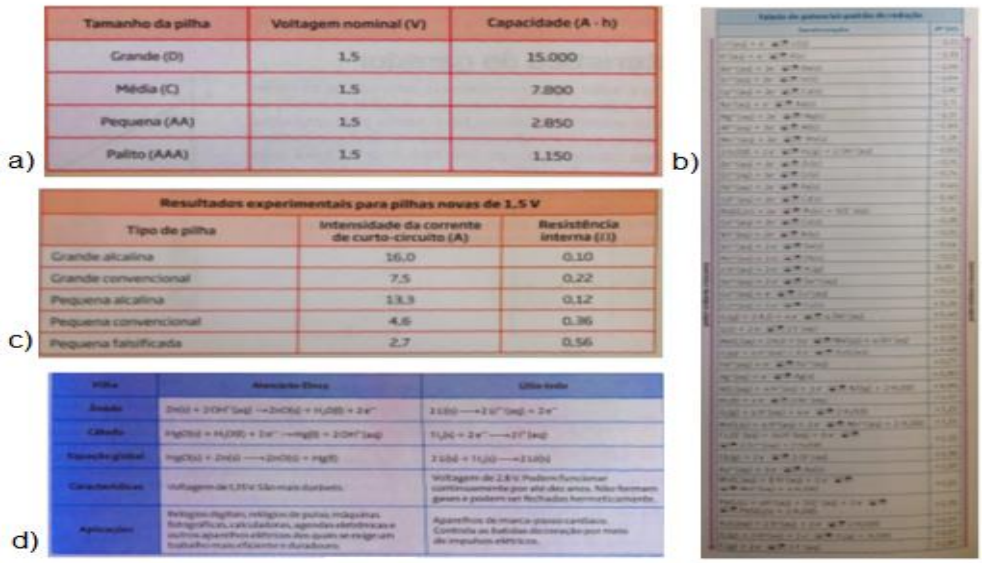
Figura 17: Exemplos de imagens da categoria Gráficos para “Pilhas e baterias”.



Fonte: a) Q3; b) F2; c) F7; d) F9

g. Tabelas e Quadros (TAB)

Figura 18: Exemplos de imagens da categoria Tabelas para “Pilhas e baterias”.



a)

Tamanho da pilha	Voltagem nominal (V)	Capacidade (A · h)
Grande (D)	1,5	15.000
Média (C)	1,5	7.800
Pequena (AA)	1,5	2.850
Palito (AAA)	1,5	1.150

b)

c)

Resultados experimentais para pilhas novas de 1,5 V		
Tipo de pilha	Intensidade da corrente de curto-circuito (A)	Resistência interna (Ω)
Grande alcalina	16,0	0,10
Grande convencional	7,5	0,22
Pequena alcalina	13,3	0,12
Pequena convencional	4,6	0,36
Pequena falsificada	2,7	0,56

d)

Pilha	Reações Elétricas	Utilização
Ânodo	$Zn(s) + 2OH^-(aq) \longrightarrow ZnO(s) + H_2O(l) + 2e^-$	$Z(s) \longrightarrow Z^{2+}(aq) + 2e^-$
Cátodo	$HgO(s) + H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow Hg(l) + 2OH^-(aq)$	$T_2O_3 + 2e^- \longrightarrow 2T^+(aq)$
Reação global	$HgO(s) + Zn(s) \longrightarrow ZnO(s) + Hg(l)$	$Z(s) + T_2O_3 \longrightarrow ZO(s)$
Características	Voltagem de 1,35 V. São mais duráveis.	Voltagem de 2,8 V. Podem funcionar continuamente por até dez anos. Não formam gases e podem ser fechadas hermeticamente.
Aplicações	Relógios digitais, relógios de pulso, máquinas fotográficas, calculadoras, aparelhos eletrônicos e outros aparelhos elétricos dos quais se exige um trabalho mais eficiente e duradouro.	Aparelhos de marca-passos cardíacos. Controle de válvulas de circulação por meio de impulsos elétricos.

Fonte: a) F13; b) Q4; c) F13; d) Q1

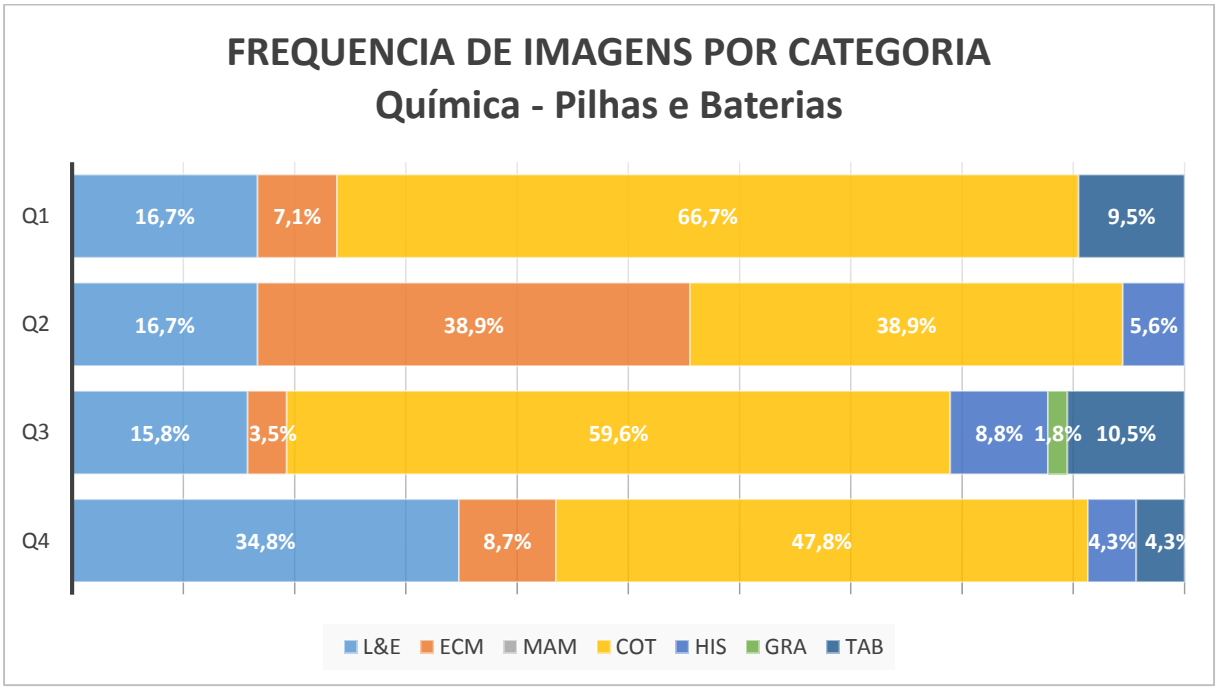
Foi possível, através dos dados obtidos na análise dos livros de Química, construir uma tabela (Tabela 7) e um gráfico (Gráfico 4) que mostram a distribuição das imagens para as categorias.

Tabela 7 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Química para "Pilhas e Baterias"

	L&E	ECM	MAM	COT	HIS	GRA	TAB	Total
Q1	7 16,7%	3 7,1%	- 0,0%	28 66,7%	- 0,0%	- 0,0%	4 9,5%	42 100%
Q2	3 16,7%	7 38,9%	- 0,0%	7 38,9%	1 5,6%	- 0,0%	- 0,0%	18 100%
Q3	9 15,8%	2 3,5%	- 0,0%	34 59,6%	5 8,8%	1 1,8%	6 10,5%	57 100%
Q4	8 34,8%	2 8,7%	- 0,0%	11 47,8%	1 4,3%	- 0,0%	1 4,3%	23 100%

Fonte: Elaborada pela autora

Gráfico 4: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de "Pilhas e Baterias" nos livros de Química.



Fonte: Elaborado pela autora

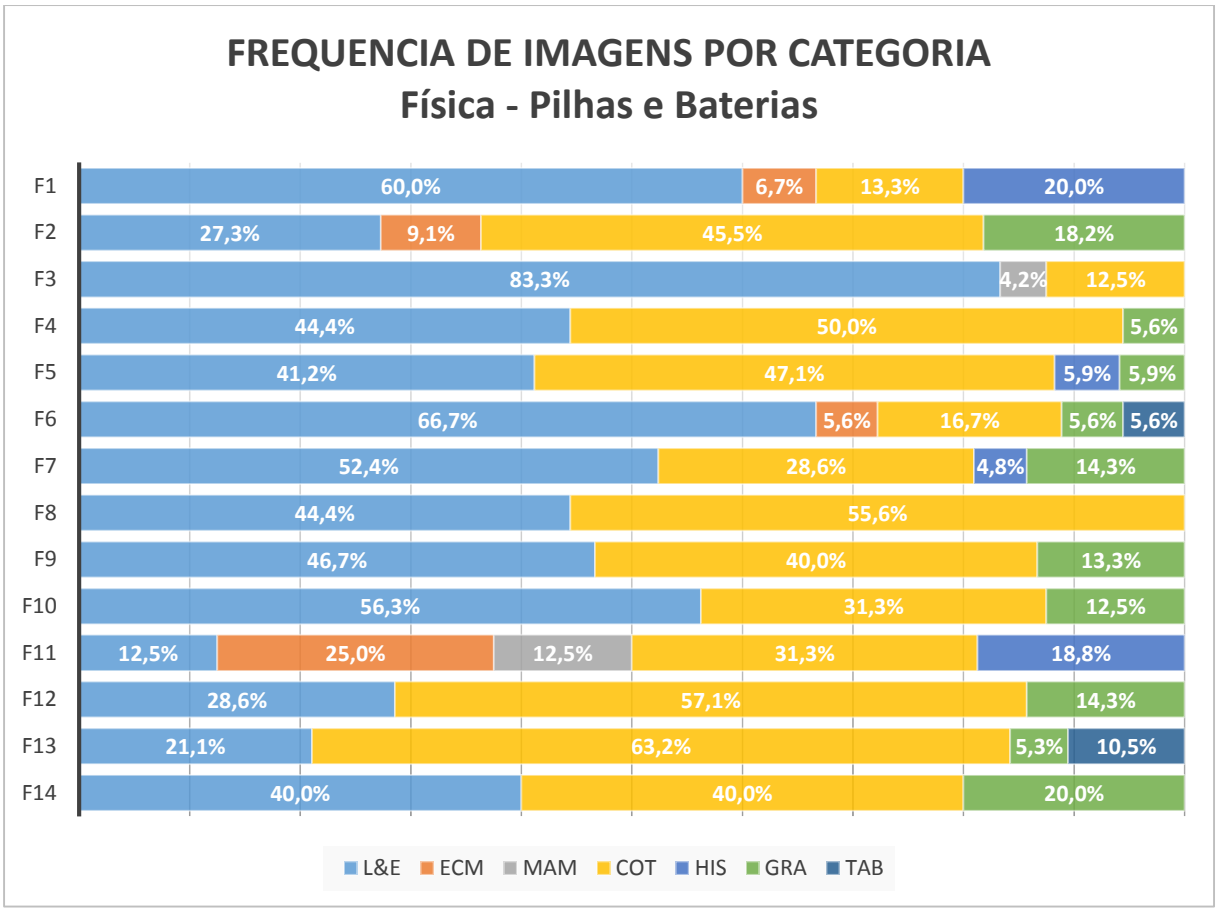
O mesmo foi feito para os livros de Física (Tabela 8 e Gráfico 5).

Tabela 8 - Quantidade e frequência das imagens por categorias nos livros de Física para “Pilhas e Baterias”

	L&E	ECM	MAM	COT	HIS	GRA	TAB	Total
F1	9	1	-	2	3	-	-	15
	60,0%	6,7%	0,0%	13,3%	20,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F2	3	1	-	5	-	2	0	11
	27,3%	9,1%	0,0%	45,5%	0,0%	18,2%	0,0%	100,0%
F3	20	-	1	3	-		-	24
	83,3%	0,0%	4,2%	12,5%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F4	8	-	-	9	-	1	-	18
	44,4%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	5,6%	0,0%	100,0%
F5	7	-	-	8	1	1	-	17
	41,2%	0,0%	0,0%	47,1%	5,9%	5,9%	0,0%	100,0%
F6	12	1	-	3	-	1	1	18
	66,7%	5,6%	0,0%	16,7%	0,0%	5,6%	5,6%	100,0%
F7	11	-	-	6	1	3	-	21
	52,4%	0,0%	0,0%	28,6%	4,8%	14,3%	0,0%	100,0%
F8	4	-	-	5	-		-	9
	44,4%	0,0%	0,0%	55,6%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
F9	7	-	-	6	-	2	-	15
	46,7%	0,0%	0,0%	40,0%	0,0%	13,3%	0,0%	100,0%
F10	9	-	-	5	-	2	-	16
	56,3%	0,0%	0,0%	31,3%	0,0%	12,5%	0,0%	100,0%
F11	2	4	2	5	3		-	16
	12,5%	25,0%	12,5%	31,3%	18,8%	0,0%	0,0%	100,0%
F12	2	-	-	4	-	1	-	7
	28,6%	0,0%	0,0%	57,1%	0,0%	14,3%	0,0%	100,0%
F13	4	-	-	12	-	1	2	19
	21,1%	0,0%	0,0%	63,2%	0,0%	5,3%	10,5%	100,0%
F14	2	-	-	2	-	1	-	5
	40,0%	0,0%	0,0%	40,0%	0,0%	20,0%	0,0%	100,0%

Fonte: Elaborada pela autora

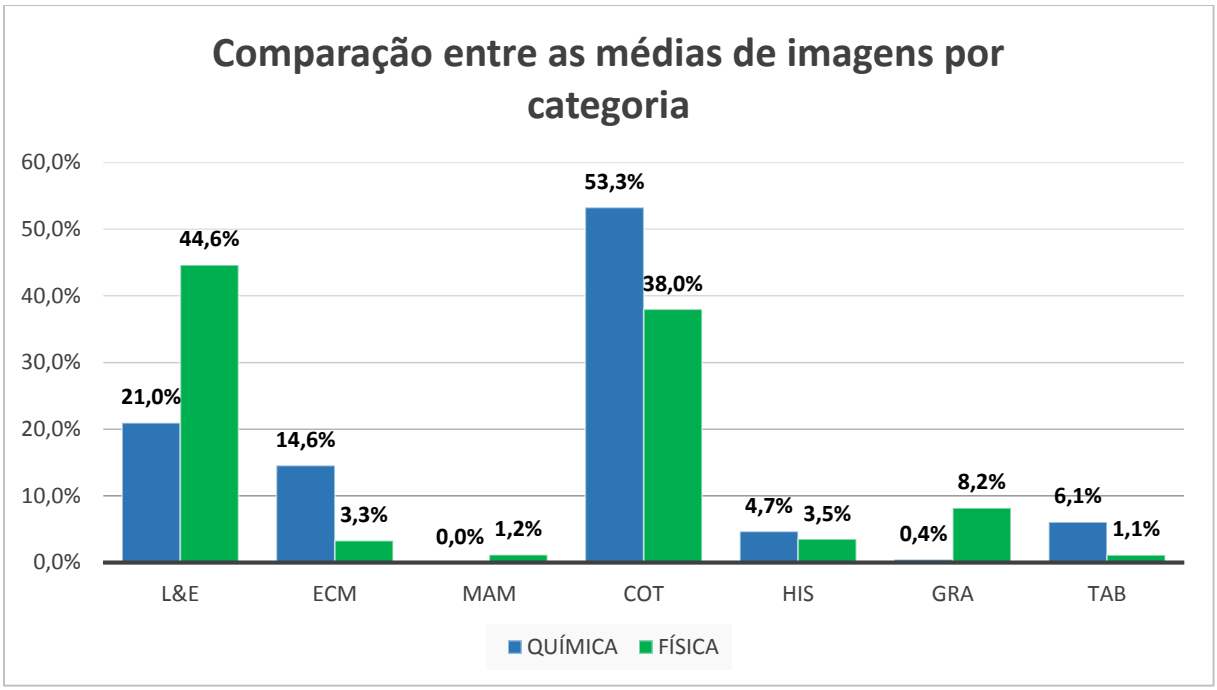
Gráfico 5: Frequência de imagens por categoria para o conteúdo de Pilhas e Baterias nos livros de Física



Fonte: Elaborado pela autora

Comparou-se as médias da frequência de imagens nos livros de Química e Física para o conteúdo de Pilhas e Baterias, da mesma que forma que já foi apresentado para “Teoria dos Gases” obtendo-se o Gráfico 6.

Gráfico 6:Comparação entre as médias de imagens por categoria no conteúdo de Pilhas e Baterias nos livros de Física e Química



Fonte: Elaborada pela autora

A análise do Gráfico 6 revela que, majoritariamente, as imagens nos livros de Química se situam nas categorias Cotidiano (53,3%) e Laboratório e Experimentação (21,0%), seguido de Experimentação com Modelo atômico-molecular (14,6%), enquanto que, para os livros de Física, a maioria das imagens estão nas categorias Laboratório e Experimentação (44,6%), Cotidiano (38,0%) e Gráficos (8,2%).

Novamente observa-se também para esse conteúdo, assim como já destacado no conteúdo de Teoria dos Gases, que há mais imagens categorizadas como ECM nos livros de Química, que tem o intuito de aproximação dos aspectos microscópicos com a realidade representada através dos aparatos experimentais, aspecto marcante dessa ciência.

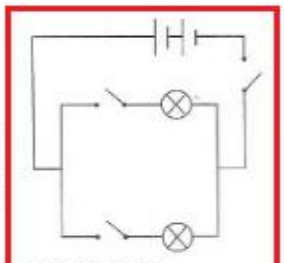
Entretanto, algumas considerações precisam ser feitas quanto às imagens presentes na categoria Laboratório e Experimentação. Nos Livros de Física, 57% das imagens presentes nesta categoria são representações esquemáticas de pilhas e geradores através de esquemas de resistores e corrente elétrica, como mostrado na Figura 19 recortada da p. 43 do livro F3.

Figura 19: Representação esquemática de pilhas ligadas em paralelo no Livro F3.

Para esta investigação, continuaremos a usar os mesmos materiais das outras montagens, incluindo:

- 2 mini-interruptores (tipo SPST)

Você consegue imaginar como se ligam as lâmpadas nas pilhas de forma diferente da associação em série? Ligação em **paralelo** significa algo para você? Veja, ao lado, a representação esquemática de associação em paralelo.



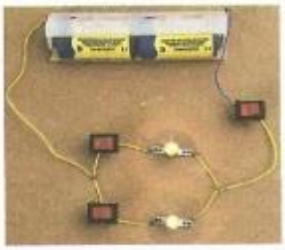
Representação esquemática de um circuito em paralelo.

Com base na representação esquemática, você já pode montar o circuito em paralelo. Lembre-se de retirar a capa plástica para fazer a conexão entre os fios.

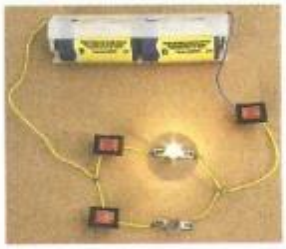
Como é o brilho das lâmpadas quando o circuito está todo fechado? Igual ao brilho da lâmpada unitária do circuito simples, não é? Mantenha as chaves das lâmpadas fechadas e abra a chave geral. O que acontece? As duas lâmpadas se apagam.

Agora, feche a chave geral e abra a chave próxima a uma das lâmpadas. Observe que a outra lâmpada ficou acesa.

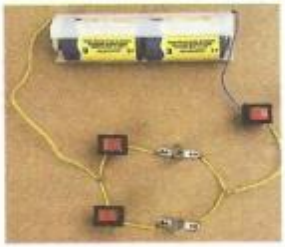
Feche todas as chaves e por fim desconecte uma das lâmpadas e veja o que acontece. Nesse caso, a outra lâmpada continuou acesa.



Circuito em paralelo.



Circuito em paralelo com uma das chaves abertas.



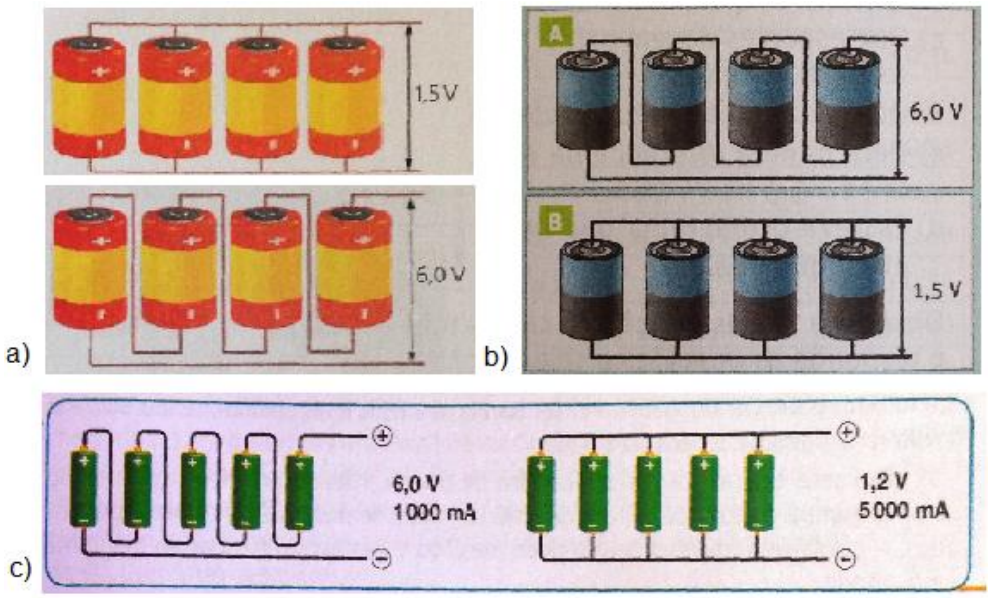
Circuito em paralelo com a chave geral aberta, lâmpadas apagadas.

Circuito em paralelo sem uma das lâmpadas.

Fonte: F3, (destaque nosso).

O tipo de representação em destaque é muito usado nos livros de Física, e também muito característico dessa área, pois faz a substituição do desenho ou foto de uma pilha por um esquema (com caráter mais simbólico), uma representação pré-definida para o que se deseja. Ainda que com pouca frequência, tais esquemas podem aparecer seguidos da representação com as pilhas, como na Figura 19, o que difere fundamentalmente das estratégias adotadas nos LDs de Química, nos quais esse tipo de representação sempre vem acompanhado de fotos ou figuras de pilhas “reais”, buscando maior aproximação do cotidiano dos estudantes, reiterando a abordagem mais realista empregada no contexto do conhecimento químico (Figura 20).

Figura 20: Representação esquemática de pilhas ligadas em série e em paralelo nos livros de Química



4.1.3 Tipos de imagens presentes nos livros

Além da categorização das imagens de acordo como o tipo de conteúdo representado, também foi feito levantamento do tipo de imagens presentes nos livros didáticos. Assim como em Gibin, Kiill e Ferreira (2009), utilizou-se a taxonomia proposta por Perales e Jimenez (2002), que em seu trabalho de análise de livros textos de Ciências, estabeleceram cinco categorias: Fotografias, Desenhos, Diagramas, Tabelas e Gráficos. Os dados referentes a análise dos dois conteúdos nos livros didáticos estão na Tabela 9. Não houve nenhuma imagem de Diagrama entre as analisadas para os conteúdos de “Teoria dos Gases” e “Pilhas e Baterias”.

Tabela 9 - Quantidade de imagens por tipo nos livros didáticos

	Fotografia	Desenho	Tabela	Gráfico	Total
Química	118	96	35	11	260
	45,4%	36,9%	13,5%	4,2%	100%
Física	152	250	13	106	521
	29,1%	48,0%	2,5%	20,3%	100%

Fonte: Elaborada pela autora

Levando-se em conta que foram analisadas 4 coleções de livros didáticos de Química e 14 coleções de livros didáticos de Física, cabe ressaltar que, fazendo uma média ponderada, há 65,0 imagens para cada coleção de Química, enquanto que 37,2 imagens para cada coleção de Física. Dessa forma, percebe-se que o número de imagens presentes nos livros de Química é maior que o número de imagens presentes nos livros de Física.

No total, foram analisadas 781 imagens, entre as quais há 270 fotografias. Embora não seja maioria, o número de fotografias presentes nos livros é bastante grande, representando 34,6%.

Cruzando-se os dados referentes ao tipo de imagem e a categorização, notou-se que o uso de fotografias está majoritariamente presente nas categorias *Cotidiano* e *Laboratório e experimentação*. Das 270 imagens classificadas como fotografia, as únicas quatro exceções são: uma fotografia utilizada no livro Q2 (Volume 1) que mostra o retículo de um cristal de sal, através de um microscópico – *categoria Modelo atômico-molecular*; uma fotografia de um barômetro de Torricelli, no livro Q3 (V.1) – categoria *História da Ciência;* uma fotografia de Thomas Edison ao lado de um dínamo criado por ele, no livro F7 (V.1) – categoria *História da Ciência;*; e uma fotografia de uma mulher em um carro, no livro Q3 (V3) – categoria *História da Ciência*. Os dados referentes ao uso de fotografias por categorias estão na Tabela 10.

Tabela 10 - Uso de fotografia por categoria

	L&E	COT	Outras	Total
Química	27	88	3	118
	22,9%	74,6%	2,5%	
Física	38	113	1	152
	25,0%	74,3%	0,7%	

Fonte: Elaborada pela autora

A distribuição das imagens nos livros de Física e Química foi bastante equitativa, comparando-se um com o outro, predominando as imagens relativas ao *Cotidiano.* Como cita Silva (2008) sobre a fotografia

> Esse tipo de imagem é o que predomina em todos os projetos gráficos de todos os compêndios analisados, de fato por ter um grau de iconicidade alto tem como função descrever fenômenos ou situações com uma relação bem próxima da realidade. (SILVA, 2008, p. 57)

Medeiros e Medeiros (2001) afirmam que a qualidade gráfica cada vez mais aprimorada e a tendência de “aproximar o ensino da Física à realidade cotidiana” (p, 105)

> Têm levado os autores dos livros mais recentes a esmerarem-se no uso de belas imagens de objetos que se assemelham da melhor maneira possível aos objetos reais. Os autores, presumivelmente, desejam colocar assim possíveis apelos motivacionais para um público mais jovem (MEDEIROS; MEDEIROS, 2001, p. 105).

Entretanto, os mesmos autores revelam preocupação quanto à equívocos em relação ao conhecimento.

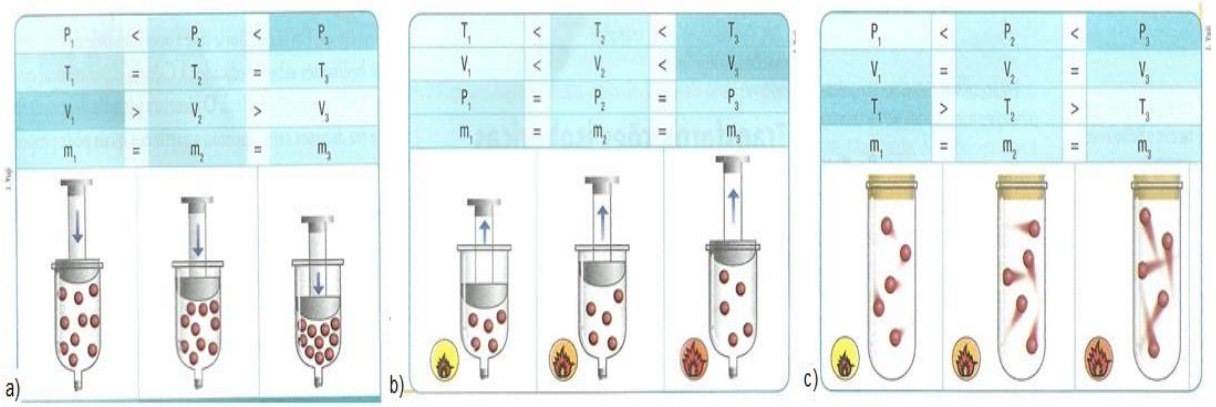
> Fica, portanto um alerta para o fato de que por vezes um livro belamente ilustrado pode estar, entretanto, em desacordo com os processos de construção do conhecimento científico. Visões sobre a natureza do conhecimento científico, desta forma, são veiculadas não apenas nos textos escritos de tais livros, mas igualmente nas suas representações visuais (MEDEIROS; MEDEIROS, 2001, p. 115).

Ou seja, as imagens têm que estar em consonância com o conteúdo apresentado, reforçá-lo ou representá-lo de forma coerente e não ser usada somente como adorno ao texto, de forma que o objetivo seja de enriquecer a discussão e não de atrapalhá-la.

Quanto às tabelas presentes no conteúdo analisado, percebe-se que há um número superior nos livros de Química. Nesses livros as tabelas são usadas com diferentes funções: dados numéricos, comparações e resultados experimentais. Nos livros de Física, as tabelas são mais usadas como coletânea de dados, geralmente seguidas por gráficos. Cabe destacar aqui três imagens referentes a Tabelas do Livro Q3 (Figura 21). Essas tabelas, além de relacionarem os parâmetros analisados em transformações isotérmicas, isobáricas e isovolumétricas, também demonstram, através dos desenhos, o comportamento das partículas e a movimentação delas quando um desses fatores é alterado. Essas imagens foram categorizadas como *Tabelas* pois, além da apresentação dos aparatos experimentais, o que caberia a inclusão na categoria *Experimentação com modelo atômico-molecular*, também

trazem relação com os parâmetros de temperatura, pressão, volume e massa de forma comparativa, o que é característica marcante de tabelas.

Figura 21: Tabelas apresentadas no Livro Q3 sobre Teoria dos Gases



Fonte: Q3

Retomando o que já foi exposto por Greca e Santos (2005) para o caso da Química, há necessidade de corporificar, de materializar o objeto do qual se fala. Isso acontece pois

> se pretende que os estudantes sejam capazes de modelar uma situação a partir da utilização de uma representação pictórica, que lhes permita raciocinar e que possa ser expressa na sua contrapartida simbólica. Isto acontece porque na Química, além dos signos matemáticos e linguísticos, a modelação, a interpretação microscópica de fenômenos observáveis, está muito ligada à representação pictórica, representação esta sem contrapartida na Física (GRECA; SANTOS, 2005, p. 36).

Nos livros de Física, 20,3% das imagens analisadas são referentes a gráficos, o que sugere que esses são muito importantes para a apresentação e entendimento dos conteúdos. Segundo Pereira e Núñez (2013), “As representações gráficas são utilizadas como eixo de ligação entre os dados experimentais e as formalizações científicas” (p.2).

Uma vez que o estudo quantitativo feito aqui ajuda a apontar a “direção” tomada pelos autores do livro didático ao disporem as imagens, no sentido de entender o que o autor pretende comunicar a respeito do conhecimento científico, passar-se-á à próxima seção onde serão apresentados os resultados qualitativos, na qual a

semiótica peirceana será utilizada com maior consistência na tentativa de identificar outros elementos da comunicação do conhecimento em Química e Física.

4.2 Resultados Qualitativos

4.2.1 Análise da função das imagens sob a perspectiva semiótica

Conforme mencionado anteriormente, segundo a combinação das duas primeiras tricotomias peirceanas (relativas ao signo em si e sua relação com o objeto), são possíveis seis classificações: *(i)* Quali-signo icônico; *(ii)* Sin-signo icônico; *(iii)* Sin-signo indicial; *(iv)* Legi-signo icônico; *(v)* Legi-signo indicial e *(vi)* Legi-signo simbólico.

Tais categorias foram utilizadas menos com intenção meramente classificatória e mais com o objetivo de compreensão das relações estabelecidas pelos autores entre signo e seu objeto, o que acaba por, inevitavelmente, revelar as estratégias de comunicação e até mesmo concepções acerca do conhecimento científico subjacentes a essas imagens.

a. Laboratório e experimentação:

As imagens presentes nesta categoria representam objetos que podem ser usados no laboratório, como béqueres, erlenmeyers e lamparinas, ou em alguma situação de experimentação, como funis, bexigas, seringas etc. Dessa forma, podem ser classificados como sin-signos indiciais, uma vez que representam ocorrência desse objeto. Podem ter, fundamentalmente, duas funções: demonstrar um procedimento realizado e comprovar a teoria, ou, instigar no estudante a vontade dele próprio fazer descobertas ou atingir os resultados esperados.

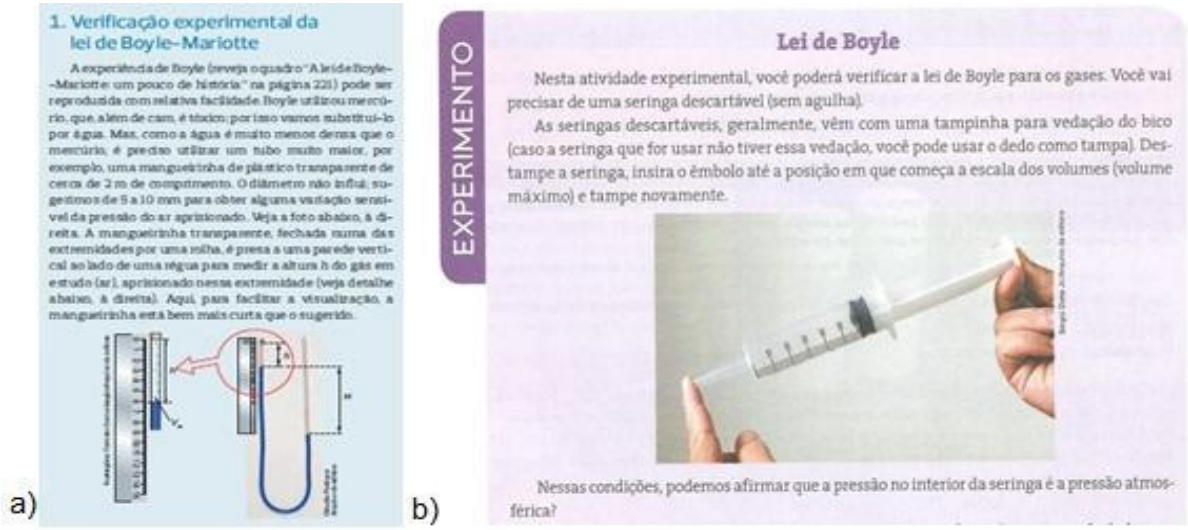
Dos oito livros de Física que sugerem a realização de experimentos no capítulo de Teoria dos gases, em seis deles essas sugestões estão localizadas no final dos capítulos, e o fazem com o intuito de verificar a teoria, comprovar o que foi dito, como por exemplo:

- o experimento denominado “Verificação experimental da lei de Boyle-Mariotte” (F1, V.2, p.232 – Figura 22a),

- a descrição do experimento “Lei de Boyle” do livro F4: “Nesta atividade experimental, você poderá verificar a Lei de Boyle para os gases” (F4, V.2, p. 89 – Figura 22 b),

- a descrição do experimento do livro F6: “Esse fenômeno pode ser observado facilmente por meio do experimento a seguir” (F6, V.2, p. 59).

Figura 22:Sugestões de experimentação nos livros de Física.



Fonte: a) F1, p. 232; b) F4, p.89

Já no conteúdo referente a Pilhas e baterias, oito coleções sugerem a realização de experimentos, sendo que cinco delas seguem a mesma característica do capítulo dos Gases, colocando-os no final do capítulo. Mesmo alguns experimentos situados no meio do capítulo, também evidenciam o caráter comprobatório da situação experimental, como no caso do livro F11: “Construam sua própria pilha de Volta” (F11, V.1, p.108).

Entretanto, há experimentos que motivam investigação por parte dos alunos, como por exemplo, a proposta de experimentação colocada no livro F5 para Teoria dos gases (Figura 23).

Figura 23: Sugestão de experimento investigativo.

Experimente a FÍSICA no dia a dia

Transformações termodinâmicas com o ar

Muitas crianças são fascinadas com os balões de gás hélio, que são menos densos que a massa de ar que deslocam e ficam suspensos por barbantes amarrados nas mãos. Esses balões, se soltos ao ar livre, sobem pela atmosfera e o gás em seu interior sofre transformações de estado. Você sabe dizer o que acontece com a massa de gás no interior do balão enquanto sobe pela atmosfera? Quais grandezas de estado variam no trajeto?

Para ajudar a pensar nas transformações que o volume de um gás pode sofrer, sugerimos a realização das atividades a seguir:

magicinfoto/Shutterstock/Glow Images

Materiais

- 2 bexigas
- fita adesiva
- fósforos
- 1 pedaço de mangueira (10 cm)
- vela
- água

Passo a passo

Etapa 1

- Encha bastante a primeira bexiga e introduza uma das extremidades do pedaço de mangueira na abertura da bexiga, mantendo a abertura fechada com os dedos, para que o ar não escape.
- Encha a segunda bexiga com pouco ar (o volume deve ser menor do que a metade do volume da primeira bexiga) e introduza a segunda ponta do pedaço de mangueira na abertura da bexiga, mantendo a abertura também presa com os dedos, para que o ar não escape.

Luis Moura

Esquema inicial.

1. O que você acha que vai acontecer quando soltar os dedos?
   - Solte as aberturas simultaneamente e observe o que acontece.
   - Repita o experimento e observe o que ocorre com as bexigas.
2. O que você verificou?
3. Tente explicar o motivo para o que aconteceu no experimento.

Fonte: F5, V.2, p.149

Das quatro coleções de Química, três sugerem experimentos antes da discussão da Teoria dos gases, propondo que os estudantes construam explicações e modelos acerca dos fenômenos observados. Na sequência, propõe o modelo ‘cientificamente’ aceito e fazem as considerações sobre ele. Para Pilhas e baterias, duas coleções propõem os experimentos no começo do capítulo, como exemplifica a Figura 24.

Figura 24: Sugestão de experimentos investigativos nos livros de Química.

a)

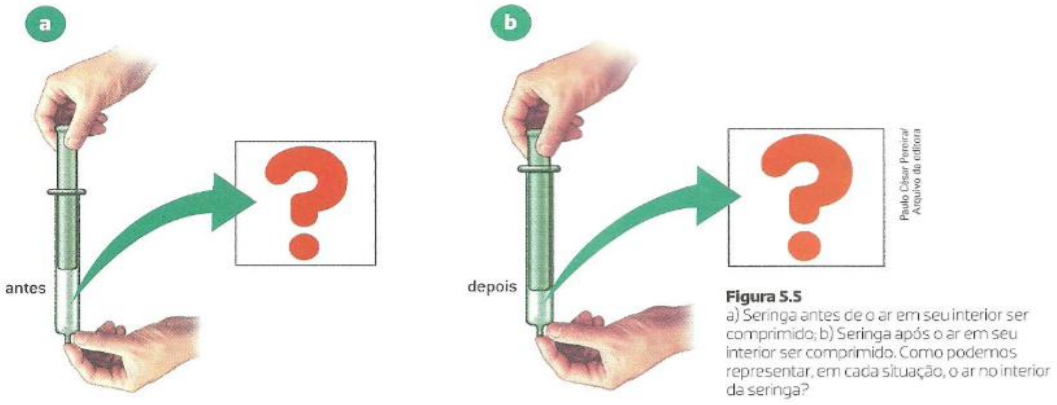


Figura 5.5
a) Seringa antes de o ar em seu interior ser comprimido; b) Seringa após o ar em seu interior ser comprimido. Como podemos representar, em cada situação, o ar no interior da seringa?

b)

Como fazer

Faça dois pequenos cortes na casca do limão, próximos às extremidades da fruta.

Com a ajuda de uma palha de aço limpe bem os metais que vai utilizar (placas, moeda, prego) para remover qualquer ponto de oxidação ou impureza depositada em sua superfície.

Espete a placa ou moeda de cobre em uma das extremidades e a placa ou prego de zinco na outra. Tome cuidado para que os metais não se toquem no interior do limão e também para que não toquem na outra extremidade da casca (os metais devem estar imersos na solução de ácido cítrico – suco do limão).

Conecte o fio vermelho ligado ao voltímetro à placa ou moeda de cobre utilizando a garra jacaré e conecte o fio preto ligado ao voltímetro à placa ou prego de zinco.

O que você observa na tela do voltímetro?

Investigue

1. Que outros materiais você pode utilizar para substituir o limão no experimento? Faça algumas tentativas com batata crua, banana, maçã, laranja e caqui. A voltagem se modifica conforme o material usado? Por quê?
2. Por que o fio vermelho ligado ao voltímetro foi conectado à placa ou moeda de cobre e o fio preto foi conectado à placa ou prego de zinco? O que ocorreria se invertêssemos a posição dos fios?
3. Tente utilizar outros tipos de material, como moedas de prata, papel-alumínio ou plaquinhas de aço, para montar a pilha voltaica, sempre alternando metais diferentes com pedaços de papel toalha. O que ocorre na leitura do voltímetro em cada caso? Por quê?

Fonte: a) Q2, V.2, p. 118; b) Q1, V.2, p.268

Experimentos que são colocados como comprovação da teoria apresentada, como no caso dos experimentos propostos na Figura 22, são realizados com o único objetivo de realizar na prática aquilo que já foi abordado na teoria. Geralmente tem sua realização através de etapas bem delimitadas com o objetivo de produzir um resultado esperado. Nenhuma consideração é feita a respeito de desvios e resultados diferentes daquilo que se propõe. Historicamente, experimentos desse tipo eram feitos com o objetivo de que, através da observação se chegasse às mesmas conclusões que os cientistas haviam chegado. Segundo Knight (2003) ao longo do século XIX, as

imagens presentes nos livros didáticos evidenciavam esse papel central que a experimentação e seu caráter indutivo tinha para os cientistas. Silveira (1992) reforça a presença da tendência empirista-indutivista nos livros de Ciência do século XX, citando que há algumas teses acerca desta epistemologia como sendo a observação a fonte do conhecimento, e as teorias descobertas a partir de dados empíricos.

Quando o ensino é orientado dessa forma há a desvalorização da criatividade dos alunos, fazendo-os tomar o conhecimento como sendo um produto pronto, acabado. Entretanto, Silveira cita que os filósofos da Ciência apontam esse tipo de epistemologia ultrapassado, que não coopera para a aprendizagem significativa dos alunos, uma vez que descontextualiza o experimento de sua vivência e desestimula o uso da criatividade. Dever-se-ia então, usar a experimentação como uma maneira de explorar os conhecimentos prévios e a imaginação dos alunos como propõe o *Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático - PNLD – 2015*, onde, como critério eliminatório específico para os livros de Física e Química, pede-se que o livro traga

> uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, seja permeada pela apresentação contextualizada de situações-problema que fomentem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações. (BRASIL, 2013, p.66).

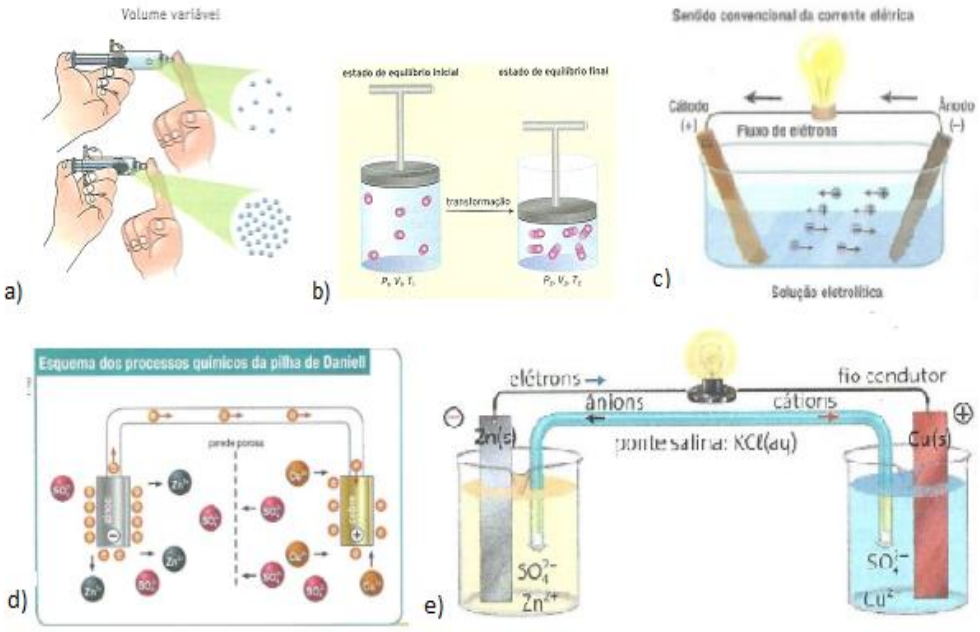
A partir da análise dos dois capítulos – Teoria dos Gases e Pilhas e Baterias, pode-se inferir que nos livros de Química há mais exploração dessas situações-problemas no sentido de estimular o aluno, através de evidências experimentais a propor hipóteses que o ajudem a construção de um modelo para representação das partículas ou para a geração de corrente elétrica. Nos livros de Física observa-se que os experimentos são propostos para confirmar, comprovar a teoria preposta, uma vez que estão situados, na maioria das vezes no final do capítulo, após a explanação de toda a teoria.

b. Experimentação com modelo atômico-molecular:

As imagens dessa categoria fazem menção tanto a aparatos usados em laboratório e na experimentação quanto ao comportamento das partículas atômico-moleculares. Assim sendo, foram classificadas como uma associação entre um sin-signo indicial e um legi-signo icônico, uma vez que acontece a junção de uma imagem que se refere a algo existente, como um béquer, uma bexiga, mas ao mesmo tempo, faz menção a partículas que supostamente existem dentro desses objetos, remetendo à teoria que descreve essas partículas.

Abaixo estão algumas imagens (Figura 25) que exemplificam essa classificação.

Figura 25: Exemplos de imagens da categoria Experimentação com modelo atômico-molecular classificadas como sin-signo icônico.



Fonte: a) Q4, V.2; b) F12, V. 2; c) F2; V.3; d) Q3, V. 2; e) Q1, V.3.

Apesar das diferentes formas de representação das partículas, as imagens icônicas estão fortemente ligadas ao realismo, uma vez que procuram transformar essas partículas em entes reais, através dos desenhos. Para o conteúdo de Teoria dos gases há 12,0% de imagens dessa categoria nos livros de Química e 8,2% nos livros de Física. Para Pilhas e baterias, as porcentagens são 14,6% e 3,3%, respectivamente. Esses dados reiteram a postura realista dos químicos, uma vez que

fazem uso desse tipo de representação junto com objetos reais – béqueres, seringas – sugerindo a existência dessas partículas. A esse respeito, Greca e Santos (2001) dizem que "*a manipulação mental desses modelos é o que torna a realidade química inteligível*" (p.36). Knight (2003, apud LEMES, 2013), constata que

> Avançando mais no tempo, além da representação de como os experimentos eram feitos, foram adicionadas representações de modelos teóricos às ilustrações. Com isso, as imagens reforçam o caráter dinâmico da química, ou seja, a transição entre a evidência experimental e a teoria (LEMES, 2013, p. 14)

Miranda e Araújo (2012) dizem que a representação das partículas através de desenhos, como esferas, pode acarretar obstáculos epistemológicos uma vez que "*com este tipo de modelo para representação, o aluno assimila o átomo com uma esfera redonda que pode ser diferenciada por cores e tamanhos, o que está incorreto*" (p. 6). Entretanto, dizem ainda que esse tipo de representação pode auxiliar o entendimento se estiver atrelado a uma explicação de que essas esferas representam o modelo pré-estabelecido. De todos os tipos de obstáculos epistemológicos apontados no trabalho, as autoras citam que

> os (obstáculos) realistas foram os que tiveram maior incidência, tendo em vista que segundo Melzer et al (2009)[10] esta incidência traz uma característica comum dos livros didáticos, que é a utilização abrangente de metáforas e analogias para facilitar a assimilação do conceito (MIRANDA; ARAÚJO, 2012, p. 10)

A questão da representação das partículas por cores ou escrevendo quais átomos compõe cada molécula, constituem, segundo Peirce, uma réplica, que é uma aplicação de um legi-signo em um caso específico. Nas palavras do autor

> Todo legi-signo significa através de uma instância de sua aplicação, que deve ser denominada uma réplica dele (...) A réplica é um sin-signo (...), mas não sin-signos comuns, como as ocorrências ordinárias consideradas significativas. Nem a réplica seria significativa se não fosse pela lei que assim a torna. (CP[11], 2. p.244-246, apud SOUZA, 2012, p. 127)

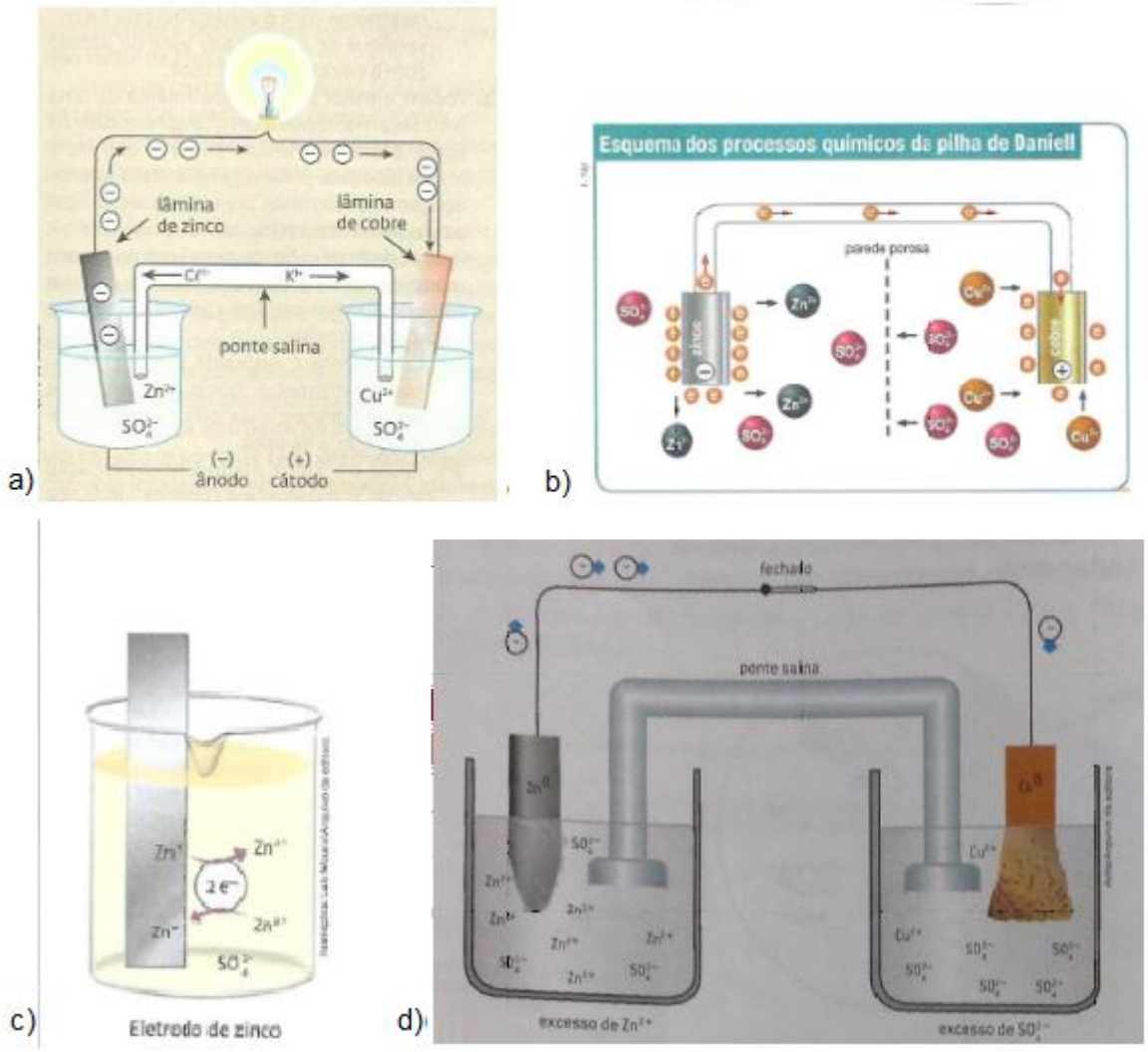
---

[10] MELZER, Martin Eduardo Ehrick et al**.** Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à aprendizagem? **VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências**, 2009, Florianópolis.

[11] A sigla CP refere-se à compilação de obras de Peirce denominada The Collected Papers. Os números das citações referem-se ao volume.

Nos livros didáticos analisados foram encontradas algumas réplicas, tanto no conteúdo de Teoria dos gases, quanto no de Pilhas e baterias, cujos exemplos, estão na Figura 26.

Figura 26: Exemplos de réplicas para a categoria Experimentação com modelo atômico-molecular.



Fonte: a) F6, V.3; b) Q3, V. 2; c) 1, V.3; d) Q2, V2.

Os exemplos mostrados não representam só as partículas que os compõem, mas destacam qual substância está representando, seja através de esferas de cores e tamanhos diferentes, esferas com o símbolo químico, ou somente com o símbolo químico dos participantes, configurando uma réplica.

Notou-se, pela análise dos dados, que, enquanto que para o conteúdo de Teoria dos gases, só houve uma ocorrência de réplica, no livro F3, do total de 51

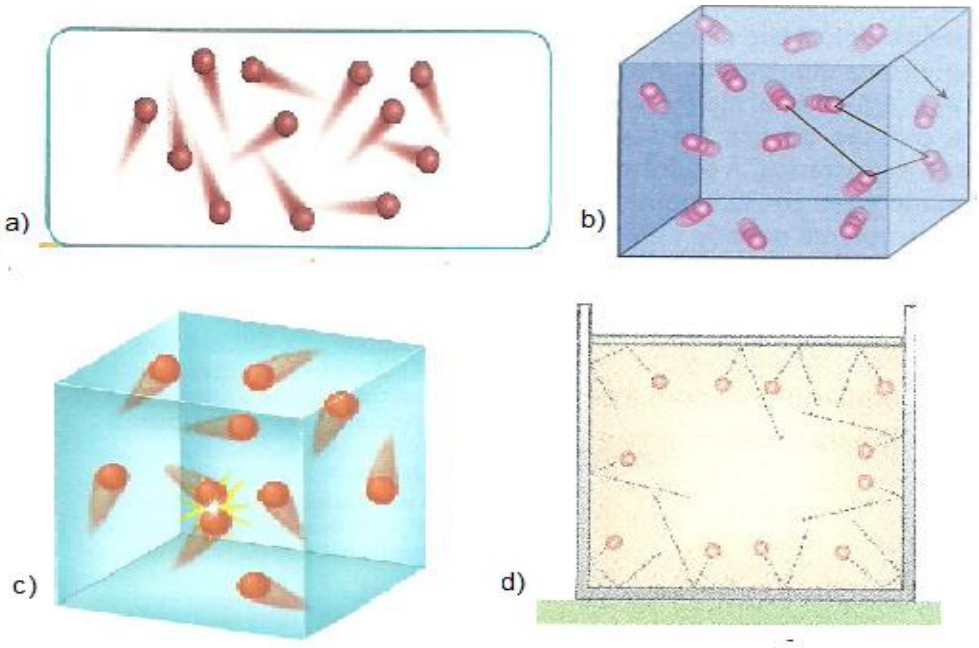
imagens de Física e Química, para o conteúdo de Pilhas e baterias, houveram apenas 3 imagens que não eram réplicas, do total de 21 imagens analisadas. Pode-se inferir que a intenção das imagens que estão em Teoria dos Gases é de se propor e analisar um modelo que seja geral para qualquer gás, enquanto que, no caso de Pilhas e Baterias, se deseje exemplificar o funcionamento de um tipo de pilha específico, bem como seu potencial de geração elétrico, sendo casos específicos de ocorrência, que na maioria dos casos são pilhas de Zn/Cu.

c. Modelo atômico-molecular:

As imagens presentes nesta categoria representam as partículas que compõem o gás, ou que estão presentes nas pilhas, em situação descontextualizada de experimentos. Como se referem a entes invisíveis e buscam semelhança com a teoria que a precede são classificadas como icônicas, na medida em que se busca uma representação a partir dos dados observados macroscopicamente.

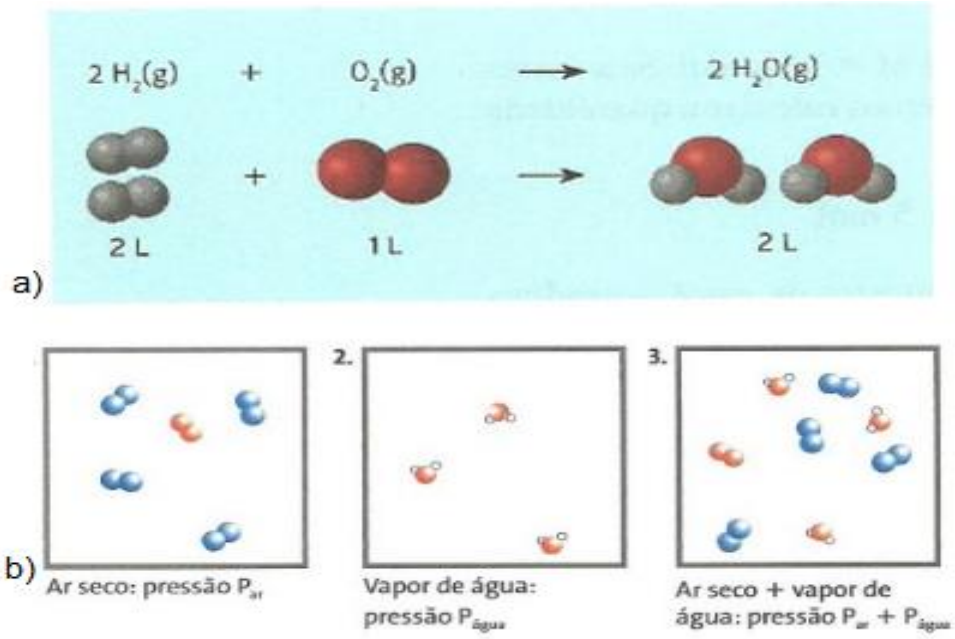
As imagens dessa categoria podem ser legi-signos icônicos, caso não representem nenhum átomo ou substância específica (Figura 27), ou sin-signos icônicos quando forem réplicas que singularizam o exemplo dado (Figura 28).

Figura 27:Exemplos de imagens classificadas como legi-signos icônicos na categoria Modelo atômico molecular.



Fonte: a) Q3, V.2; b) F12, V.2; c) Q1, V.1; d) F6, V.2.

Figura 28: Exemplos de imagens classificadas como réplicas na categoria Modelo atômico molecular



Fonte: a) F12, V.2; b) Q1, V.1.

O anseio de aproximar o aluno do que está sendo discutido no livro didático leva os seus autores a lançar mão de imagens que retratem o que não pode ser percebido macroscopicamente, como é o caso das colisões entre as moléculas ou átomos, numa aula de cinética por exemplo, como afirmam Gois e Giordan (2007)

> Quando o professor fala sobre colisões entre moléculas numa aula sobre cinética de partículas, é comum a apresentação de figuras nas quais existam partículas de formas variadas colidindo umas contra as outras. O professor não se refere a uma experiência vivida diretamente pelo estudante, que seria a visualização das partículas, mas utiliza analogias e metáforas para se aproximar do conhecimento pretendido. Esse é o tipo de referência semiótica icônica, uma vez que o professor confia na relação de semelhança existente entre o objeto de conhecimento, que seria o estudo das propriedades cinéticas de moléculas, e o signo apresentado aos estudantes. Esse tipo de referência pode apresentar problemas, pois em toda analogia ou metáfora existem significados que se deseja que os estudantes se aproximem, como a noção de descontinuidade da matéria, e existem outros significados que se deseja que os estudantes se afastem, como a coloração dos entes moleculares (GOIS; GIORDAN, 2007, p. 38)

A esse respeito, destaca-se que essa preocupação está presente em alguns livros, que nas legendas das imagens destacam as cores são fantasia e que as partículas estão fora de escala. Mesmo assim, cabe ressalva sobre a utilização de analogias e suas funções para o ensino.

d. Cotidiano:

Todas as imagens assim categorizadas são sin-signos indiciais, pois representam algo existente, real, que pode ser observado no dia a dia, ou através de meios de comunicação.

Segundo o Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático - PNLD – 2015, os livros de Química deviam

> Apresenta(r) o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos enquanto vivência (BRASIL, 2013, p.65).

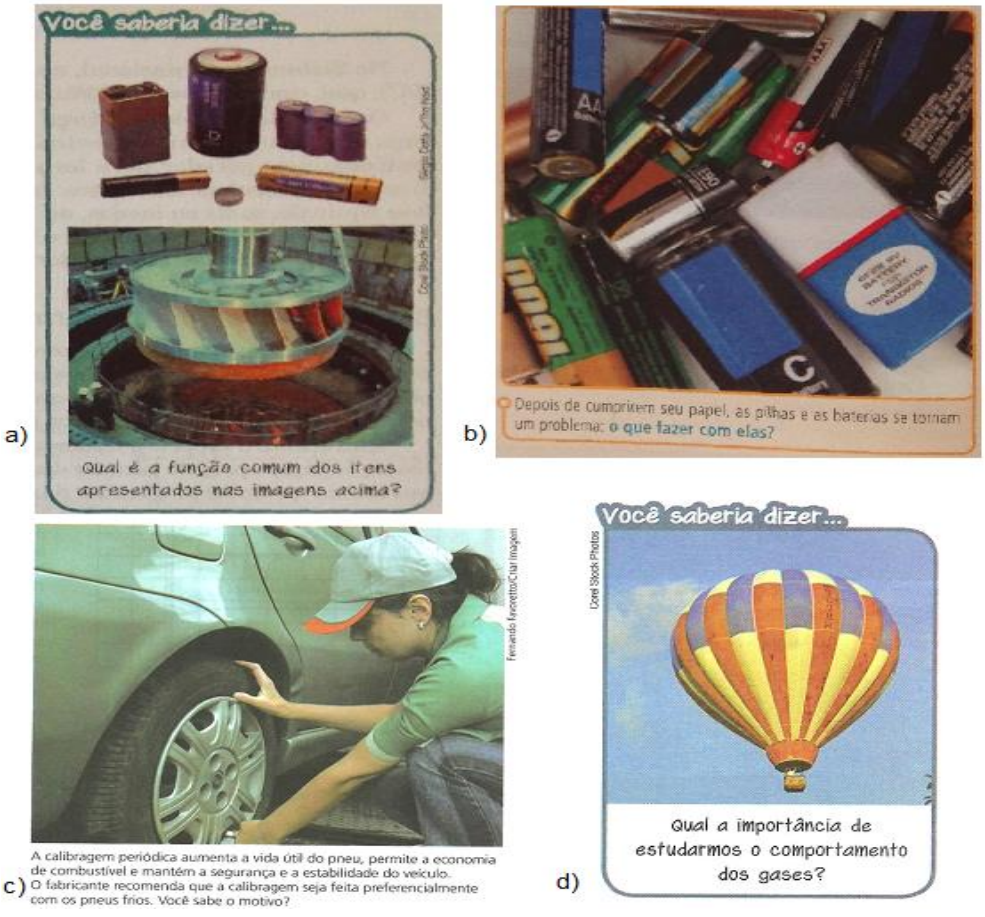
da mesma forma que os livros de Física deviam

> apresenta(r) os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se façam pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos (BRASIL, 2013, p.67).

As imagens analisadas são utilizadas para exemplificar, ilustrar o que foi dito no texto e são uma forma de aproximação ou aplicação do conteúdo científico na vida das pessoas.

No início dos capítulos sempre há uma imagem relacionada ao cotidiano, que contextualiza aquilo que será trabalhado naquele capítulo. Em alguns casos é inserida uma pergunta, um questionamento a respeito do que será estudado no capítulo, como mostra a Figura 29.

Figura 29: Exemplos de imagens da categoria Cotidiano que fazem um questionamento ao estudante.



Fonte: a) F5, V.3; b) Q3, V.3; c) F5, V.2; d) F9, V.2.

As imagens dessa categoria são majoritariamente fotografias (do total de 243 imagens analisadas nos dois conteúdos, 201 imagens são fotografias, sendo 82,7%.) Gibin, Kiill e Ferreira (2009), que, entre outras coisas, também quantificaram o uso de fotografias e desenhos em livros didáticos, apontaram que

> Dentre as ilustrações analisadas, poucas têm por finalidade a função de auxiliar na compreensão dos conceitos, pois um elevado número delas é inoperante e apresentam função meramente figurativa (GIBIN; KIILL; FERREIRA, 2009, p. 720).

Essa mesma constatação foi feita por Cravo (2015), em análise do papel da fotografia em um livro didático do Ensino Fundamental, em que observou que

> Com as análises semióticas nota-se que as fotografias estão sendo usadas como imagens meramente ilustrativas, de modo a aludir o contexto didático indicado, gerando, com isso, uma superficialidade nas possibilidades de leituras da fotografia (CRAVO, 2015, p. 54).

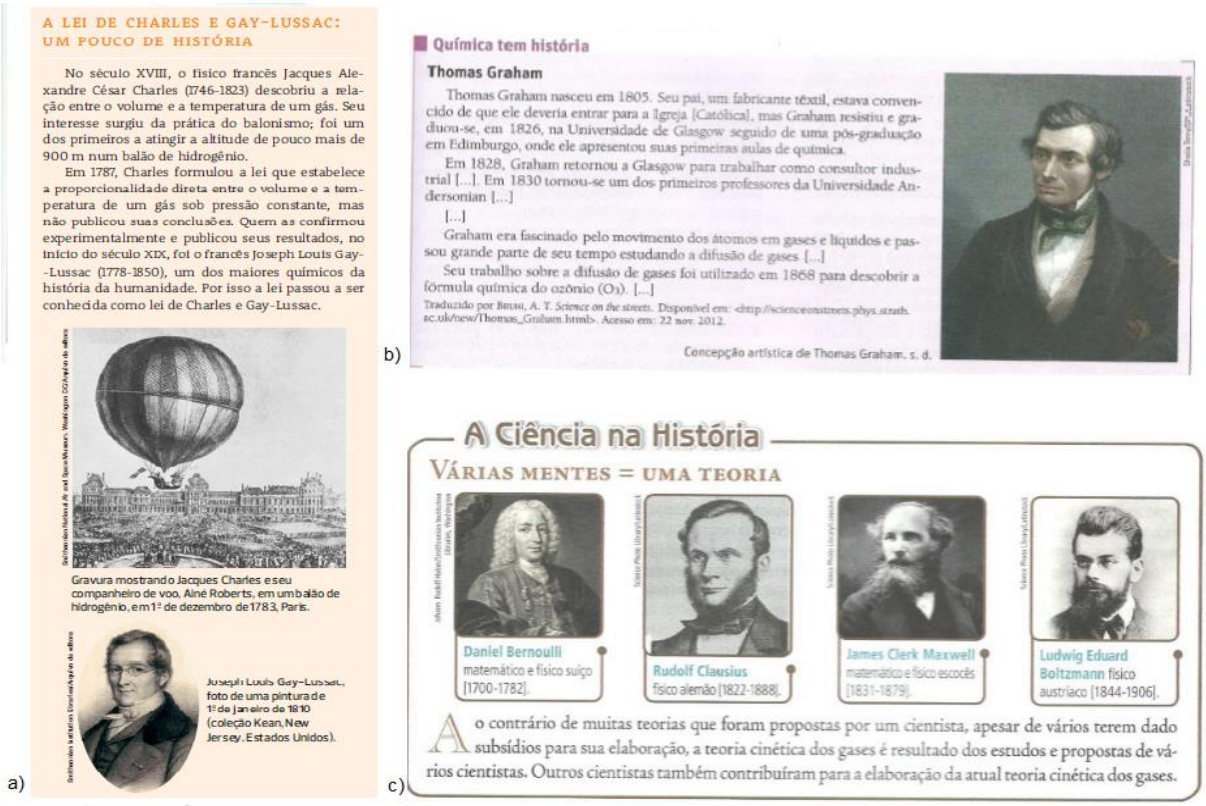
Como já dito, as fotografias são sin-signos indiciais, pois se trata da ocorrência real de um objeto, naquele instante em que a fotografia foi captada. Segundo Santaella

> Um bom exemplo para evidenciar essa diferença (entre ícone e índice) é o de uma fotografia, digamos, de uma montanha ou de uma escada ou de uma cachoeira, pois falar de fotografias é já começar a tratar dos índices. A montanha, cuja imagem foi capturada na foto, de fato, existe fora e independentemente da foto. Assim, a imagem que está na foto tem o poder de indicar exatamente aquela montanha singular na sua existência. O que dá fundamento ao índice é sua existência concreta. Para indicar a montanha, a foto evidentemente também precisa ser um existente tanto quanto a montanha o é. (SANTAELLA, 2002, p. 18).

e. História da Ciência:

As imagens presentes nesta categoria também são sin-signos indiciais e tem a função de apresentar ao leitor uma gravura ou desenho que represente um cientista ou um objeto usado na época em que as leis e teorias eram postuladas. As citações aos cientistas são feitas por meio de caixas de textos laterais ou no final do capítulo, geralmente falando sobre dados bibliográficos (Figura 30).

Figura 30: Exemplos de Imagens para a Categoria História da Ciência, feitas em caixas de texto.



A LEI DE CHARLES E GAY-LUSSAC: UM POUCO DE HISTÓRIA

No século XVIII, o físico francês Jacques Alexandre César Charles (1746-1823) descobriu a relação entre o volume e a temperatura de um gás. Seu interesse surgiu da prática do balonismo; foi um dos primeiros a atingir a altitude de pouco mais de 900 m num balão de hidrogênio.

Em 1787, Charles formulou a lei que estabelece a proporcionalidade direta entre o volume e a temperatura de um gás sob pressão constante, mas não publicou suas conclusões. Quem as confirmou experimentalmente e publicou seus resultados, no início do século XIX, foi o francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), um dos maiores químicos da história da humanidade. Por isso a lei passou a ser conhecida como lei de Charles e Gay-Lussac.

Gravura mostrando Jacques Charles e seu companheiro de voo, Alné Roberts, em um balão de hidrogênio, em 1º de dezembro de 1783, Paris.

Joseph Louis Gay-Lussac, foto de uma pintura de 1º de janeiro de 1810 (coleção Kean, New Jersey, Estados Unidos).

a)

Química tem história

Thomas Graham

Thomas Graham nasceu em 1805. Seu pai, um fabricante têxtil, estava convencido de que ele deveria entrar para a Igreja [Católica], mas Graham resistiu e graduou-se, em 1826, na Universidade de Glasgow seguido de uma pós-graduação em Edimburgo, onde ele apresentou suas primeiras aulas de química.

Em 1828, Graham retornou a Glasgow para trabalhar como consultor industrial [...]. Em 1830 tornou-se um dos primeiros professores da Universidade Andersonian [...]

[...]

Graham era fascinado pelo movimento dos átomos em gases e líquidos e passou grande parte de seu tempo estudando a difusão de gases. [...]

Seu trabalho sobre a difusão de gases foi utilizado em 1868 para descobrir a fórmula química do ozônio (O_3). [...]

Traduzido por Bruni, A. T. *Science on the streets*. Disponível em: <http://scienceonstreets.phys.strath.ac.uk/new/Thomas_Graham.html>. Acesso em: 22 nov. 2012.

Concepção artística de Thomas Graham, s. d.

b)

A Ciência na História

VÁRIAS MENTES = UMA TEORIA

Daniel Bernoulli matemático e físico suíço [1700-1782].

Rudolf Clausius físico alemão [1822-1888].

James Clerk Maxwell matemático e físico escocês [1831-1879].

Ludwig Eduard Boltzmann físico austríaco [1844-1906].

Ao contrário de muitas teorias que foram propostas por um cientista, apesar de vários terem dado subsídios para sua elaboração, a teoria cinética dos gases é resultado dos estudos e propostas de vários cientistas. Outros cientistas também contribuíram para a elaboração da atual teoria cinética dos gases.

c)

Fonte: a) F1, V.2; b) Q4, V.2; c) Q3, V.2.

A mesma observação foi citada por Pagliarini (2007), analisando livros didáticos de Física, sendo que, de 16 coleções analisadas, 15 delas apresentam o conteúdo histórico em caixas laterais e que, na maioria das vezes, só faz referência a datas e notas biográficas. Destaca também que “poucas coleções apresentaram em apenas certos assuntos uma história da Ciência de forma a complementar de maneira relativamente satisfatória o conteúdo a ser ensinado” (p.63).

Vidal e Porto (2012) concluíram que, nos livros didáticos de Química do PNLD – 2007, a história da Ciência é tratada de maneira superficial e linear, e que, para que o assunto seja abordado da forma que as diretrizes curriculares orientam, os professores precisariam buscar materiais complementares.

Para Matheews (1995) a história e filosofia da Ciência foram incluídas em livros didáticos com o objetivo de “humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade” (MATHEEWS, 1995, p. 165), porque “motiva e atrai os alunos [...] e promove uma compreensão melhor dos

conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento" (p. 172). Dessa forma, haveria ressignificação do que é ensinado, aproximando os conteúdos dos alunos e tirando o estigma de que as ciências são feitas só de formulas e equações decoradas. Entretanto, a inserção da história e filosofia das Ciências não foram incorporadas ao currículo da maneira que se esperava e surgiu uma "quasi-história" (p.173), que contempla apenas aspectos que sejam favoráveis a um tipo de metodologia. Segundo Matheews

> A quasi-história não é apenas o que Klein chama de pseudo-história, ou história simplificada, onde erros podem acontecer devido a omissões, ou onde a história pode ficar aquém do alto padrão de verdade, toda a verdade, nada mais que a verdade. Na quasi-história, tem-se uma falsificação da história com aspecto de história genuína, semelhante ao que Lakatos[12] chamava de reconstruções racionais da história (1978), onde a história é escrita para sustentar uma determinada versão de metodologia científica e onde as figuras históricas são retratadas à luz da metodologia ortodoxa atual (MATHEEWS, 1995, p. 174).

Essa constatação é feita por Trindade e colaboradores e dizem que as abordagens que fazem referência a história são anedotas, "[...] pequenas biografias daqueles que foram considerados os 'grandes gênios da ciência'" (TRINDADE, 2010, p. 120 apud LESKE; CUNHA, 2016, p. 97)

Nos conteúdos analisados observou-se que há mais imagens referentes a História da Ciência são referentes à Teoria dos gases. Do total de 59 imagens incluídas nessa categoria, 44 estão no conteúdo de Teoria dos Gases. Para esse conteúdo são citados diferentes cientistas, como Charles, Gay Lussac, Kelvin, Celsius, Boyle, Avogadro, entre outros. Para o conteúdo de Pilhas e Baterias, observa-se que, das 7 imagens dos livros de Química 1 é sobre Alexandre Volta e 3 sobre John Daniell, enquanto que das 8 imagens dos livros de Física, 5 são sobre Alexandre Volta. Não há nenhuma imagem sobre a Pilha de Daniell. Segundo a biografia dos dois cientistas citados, Alessandro Volta é descrito como um Físico Italiano, enquanto que John Daniell é tido como um Químico e Físico Britânico.

---

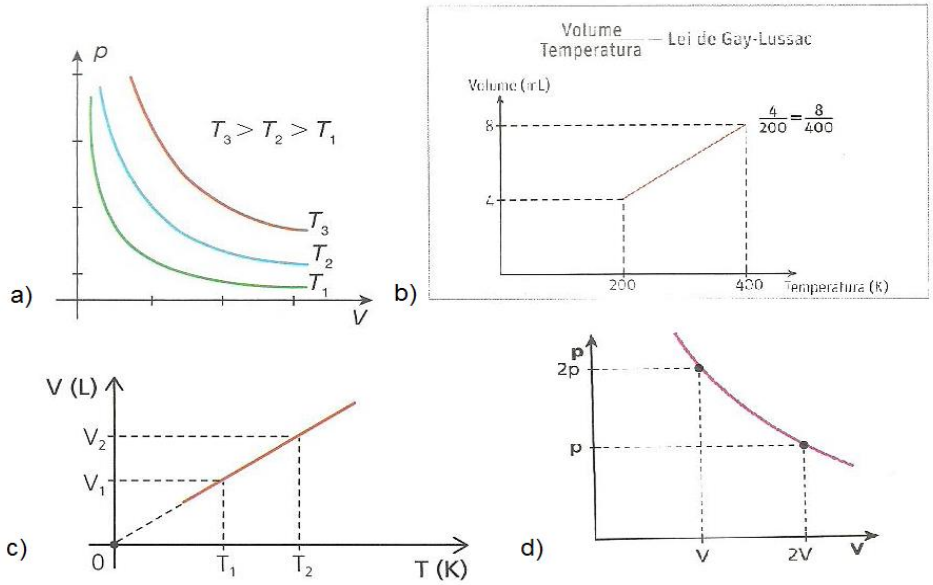
[12] LAKATOS, I.: 1978, History of Science and Its Rational Reconstruction , in J. Worrall and G. Currie (eds.) **The Methodology of Scientific Research Programmes,** Cambridge University Press, Cambridge, pp. 102-138.

Segundo Hipólito (2015), a presença das caixas de textos não garante que a História da Ciência seja incluída de maneira eficiente aos alunos, cabendo ao professor saber problematizar e integrá-lo ao conteúdo trabalhado. Sem assim não for "a ciência permanecerá sendo percebida como neutra, cumulativa, linear, como descoberta e/ou em um apanhado de datas e períodos" (HIPOLITO, 2015, p.8).

f. Gráfico:

Em ambos os conteúdos analisados, foram encontrados 117 gráficos, sendo que 106 deles estavam em livros de Física e 11 em livros de Química. A grande maioria dos gráficos estava no conteúdo de Teoria dos Gases (101 gráficos dos 117). Os gráficos nesse conteúdo demonstram a relação entre as variáveis que podem ser analisadas no estudo dos gases, como pressão, temperatura e pressão.

Figura 31: Exemplos de imagens da categoria Gráficos que relacionam as variáveis analisadas em Teoria dos gases.



Fonte: a) F13, V.2; b) Q4, V.2; c) F10, V.2; d) F9, V.2.

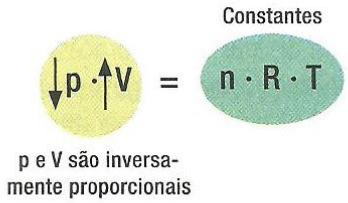
Os gráficos presentes em Pilhas e baterias (16, sendo que apenas 1 está em um livro de Química) na maioria são para relacionar tensão e corrente em uma pilha, como mostrados na Figura 17.

Para os gráficos analisados podem ser feitas, em suma, duas classificações: legi-signos icônicos ou sin-signos icônicos (réplicas). Os legi-signos icônicos são os gráficos que representam uma lei geral, como é o caso dos gráficos *a*, *c* e *d* representados na Figura 31. Eles representam o comportamento de partículas gasosas frente as variáveis analisadas, não tendo nenhum gás e nenhuma situação específica. Já no caso do gráfico *b* representado na mesma figura, há situações específicas, de um experimento específico que tenha sido realizado. Nesse caso, o gráfico constitui-se uma réplica (um sin-signo-icônico) uma vez que há uma singularidade nesse fato.

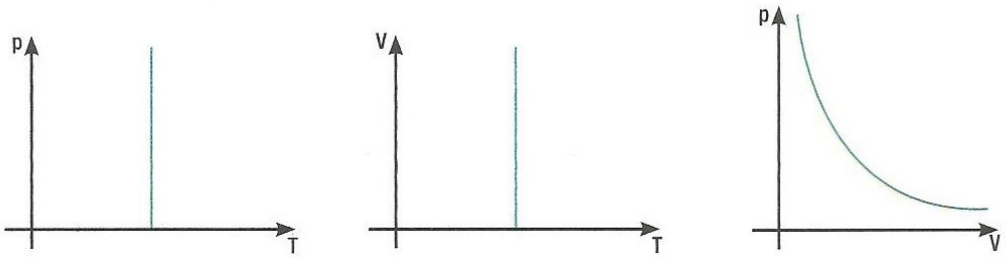
Segundo Wartha e Rezende (2011), o primeiro contato, a primeira impressão de um estudante com o gráfico, pode representar apenas um conjunto de linhas e curvas, que podem não fazer referência àquele estudante a nenhum outro fenômeno. Uma vez relacionado às variáveis, ou ao tema que está sendo estudado, constrói-se uma secundidade, uma relação entre o gráfico e o objeto estudado, nesse caso, a Teoria dos gases. Se houver, no intérprete (o estudante) a elaboração de uma lei geral, ou o entendimento que extrapole aquele exemplo, chegar-se-á a terceiridade, em que o gráfico pode passar a ser a representação de uma lei geral. Os gráficos apresentados em Teoria dos Gases eram postos logo após a demonstração ou enunciação de uma fórmula, por exemplo, as transformações isotérmicas, isobáricas ou isovolumétricas, como mostrado na Figura 32.

Figura 32: Função do gráfico para o conteúdo de Teoria dos Gases

Essa transformação é denominada **isotérmica**, pois a temperatura permanece constante. Neste caso, a pressão e o volume do gás variam de maneira inversamente proporcional. No exemplo analisado, de acordo com a equação de Clapeyron, como o volume aumentou, a pressão diminuiu na mesma proporção.



A transformação isotérmica pode ser representada por diagramas p × T, V × T e p × V; neste último diagrama, a curva é uma **hipérbole**, conhecida como **isoterma**.



g. Tabelas:

A função das tabelas nos livros didáticos é basicamente de reunir dados, compará-los, mostrá-los com um destaque no texto. Segundo Flores e Moretti,

> para as representações do tipo tabela, devemos considerar que elas possuem determinadas vantagens, como por exemplo, o fato de que permitem a visualização dos dados de forma separada preenchendo assim, explicitamente, a função cognitiva de identificação (FLORES; MORETTI, 2005, p. 5).

Quanto à comparação de dados que pode ser feita a partir de uma tabela, destaca-se a presente no livro F6, que compara a Pilha de Daniell e sua abordagem nas disciplinas de Física e Química (Figura 33).

Figura 33: Tabela de comparação entre as abordagens de Física e Química sobre a pilha de Daniell

	A pilha de Daniell zinco-cobre e o gerador de força eletromotriz	
	Abordagem na Química	Abordagem na Física
Corrente elétrica (i)	– Movimento dos elétrons originados a partir das reações abaixo. $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + \boxed{2e^{2+}}$ (ânodo) $\boxed{2e^{2+}} + Cu^{2+} \rightarrow Cu^0$ (cátodo)	– Movimento dos portadores de carga elétrica.
Diferença de potencial (U)	– Tem o mesmo valor da força eletromotriz (ε).	– Diferença entre o potencial elétrico do polo positivo e do polo negativo. – Pode ser calculado como: $U = \varepsilon - r \cdot i$
Força eletromotriz (ε)	– Depende dos metais, da concentração das soluções e da temperatura. – Diminui em função do tempo de uso. – Medida experimental indireta. Voltímetro indicando 1,1 v FIGURA 5.29. O valor indicado pelo voltímetro é de 1,1 V (soma dos potenciais-padrão do zinco e do cobre).	– Valor teórico que coincide com o valor da diferença de potencial estabelecida entre os polos da pilha quando não existe passagem de corrente elétrica ($i = 0$): $U = \varepsilon - r \cdot i \Rightarrow U = \varepsilon - r \cdot 0 \Rightarrow U = \varepsilon$
Resistência interna (r)	– Não é levada em consideração.	– Grandeza que expressa oposição da passagem da corrente elétrica pelo interior da pilha.

Fonte: F6, p. 164-165.

Esta tabela foi retirada do Livro de Física F6, e faz uma comparação entre as diferentes formas de abordagem da Pilha de Daniell nos livros de Física e Química. A explanação sobre ela será feita na próxima seção.

4.2.2 Comparação entre as abordagens da Física e da Química.

Na análise dessa tabela comparativa (Figura 33), nota-se que o autor infere algumas diferenças entre as abordagens que são feitas sobre Pilhas e baterias. Quanto à análise feita sobre a corrente elétrica, na abordagem química se caracteriza como o movimento dos elétrons em uma reação eletroquímica, entre uma espécie que se oxida (cede elétrons/ânodo) e uma espécie que se reduz (recebe elétrons/cátodo).

Esse movimento de elétrons é representado nas equações químicas, sendo transferido de uma espécie para outra. Nos livros de Física, segundo o autor, a corrente elétrica é o movimento dos portadores de carga elétrica, não especificando nenhum desses portadores. Já sobre a força eletromotriz, a medida feita pela abordagem química é essencialmente experimental, feita através de instrumentos de medida. Cada medida depende da temperatura, da concentração e do tipo de espécies químicas que são usadas. Também não se considera a resistência interna dessa pilha. Na abordagem física, considera-se que a força eletromotriz é um dado teórico, que pode ser calculado pela diferença de potenciais entre os polos positivos e negativos da pilha, ou através de uma equação, que relaciona a força eletromotriz como sendo o produto da resistência interna e da corrente elétrica ($U = \varepsilon = r.i$). Percebe-se, então, que nesse caso, a resistência interna é sim levada em consideração no cálculo da força eletromotriz, diferente da abordagem química.

Na análise dos livros didáticos também pode-se perceber diferenças entre as abordagens e imagens utilizadas nos livros de Física e Química, para os dois conteúdos. No que se refere a Pilhas e baterias, o uso de fotografias foi para representar majoritariamente situações do cotidiano em ambos, mas em todos os livros de Química aparecem imagens que são referentes a situações experimentais e de laboratório enquanto que em seis coleções de Física – a metade – não são usadas imagens desse tipo. Também pode-se notar que, para os livros de Física, os exemplos dados, as imagens representativas de Pilhas são gerais, não mencionam exemplos específicos. Só a três ocorrências de tipos particulares de pilhas entre as 14 coleções analisadas. Já em todos os livros de Química, a discussão é feita em cima de exemplos específicos, como a Pilha de Zn/Cu, a Pilha de Daniell e os outros tipos de pilhas comerciais. Esses dados coincidem com o que o autor do livro F6 compara na Figura 33, em que a representação do Zinco e do Cobre, tanto através de seus símbolos, quanto com as cores representadas na imagem da célula eletroquímica. A abordagem química é mais específica, com exemplos específicos, enquanto que a abordagem física é geral, sem exemplos específicos. Segundo Greca e Santos (2005)

> Na Física existe uma tendência a reduzir os fenômenos a entes ideais e trabalhar com essa realidade simplificada e idealizada; enquanto na Química, a representação do fenômeno (real ou ideal) torna-se ente

> com realidade própria, quase material (GRECA; SANTOS, 2005, p. 36).

Há também que se destacar a presença de imagens icônicas nos livros de Química, em que são usadas representações para os gases, os íons, os elétrons ou os participantes da reação. O aumento da iconicidade foi aventado por Souza e Porto (2011)

> A análise das ilustrações [...] presentes em livros didáticos do século XX apontou para o aumento da iconicidade e, principalmente, a associação de ícones com ilustrações (signos) de caráter mais simbólico e indicial, num equilíbrio que vai se estabelecendo ao longo do período analisado, como, possivelmente, a estratégia mais marcante na comunicação do conhecimento químico (SOUZA; PORTO, 2011, p. 9, grifo nosso).

Em contrapartida, Torres e Malheiro (2012) observaram que seu trabalho

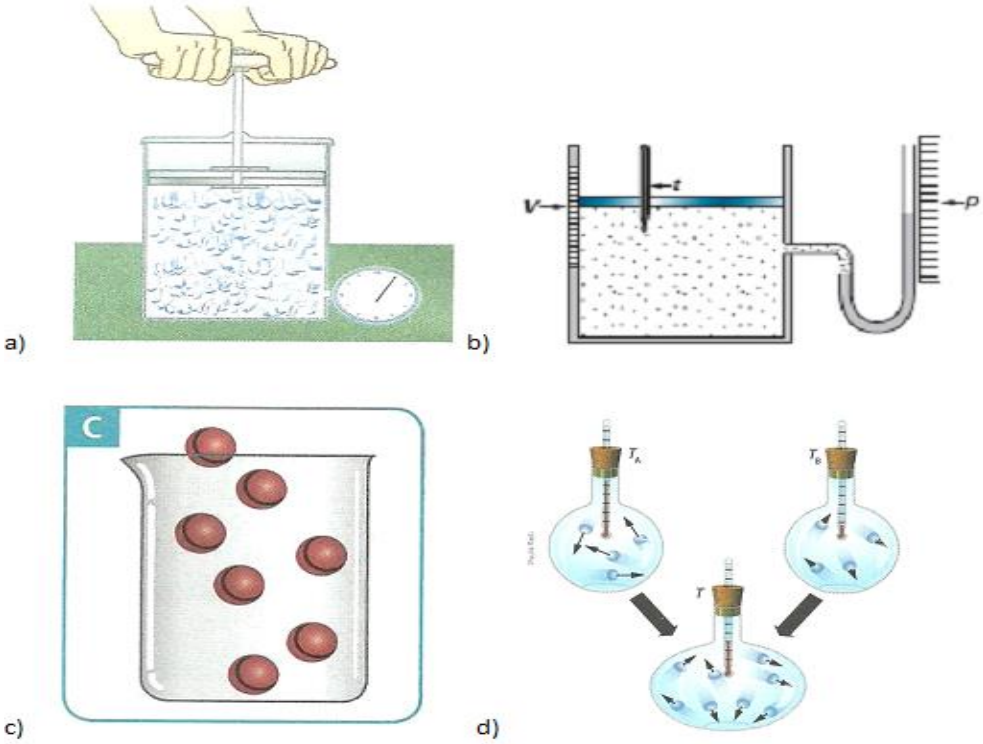
> (...) permitiu acompanhar as imagens do tema eletricidade de eletricidade de três livros didáticos de Física. Nossos resultados mostram que apenas um dos três livros didáticos apresenta uma quantidade considerável de imagens com alto grau de iconicidade para complementar as imagens mais abstratas (TORRES; MALHEIROS, 2012, p. 658).

Esses estudos corroboram o que foi observado na análise dos livros didáticos, pois nos livros de Física, para Pilhas e Baterias, cinco coleções lançam mão desse tipo de imagem, sendo que todos os livros de Química o fazem. Para Teoria dos Gases, o uso de imagens icônicas, que representam as partículas dos gases, estão presentes em todos os livros de Química, e em 11 coleções de Física.

4.2.3 Representação atômico-molecular das partículas

Durante a análise algumas imagens chamaram a atenção quanto à forma de representação das partículas dos gases. Diferentes formas de representação das partículas dos gases foram propostas (Figura 34).

Figura 34: Diferentes formas de representação das partículas dos gases.

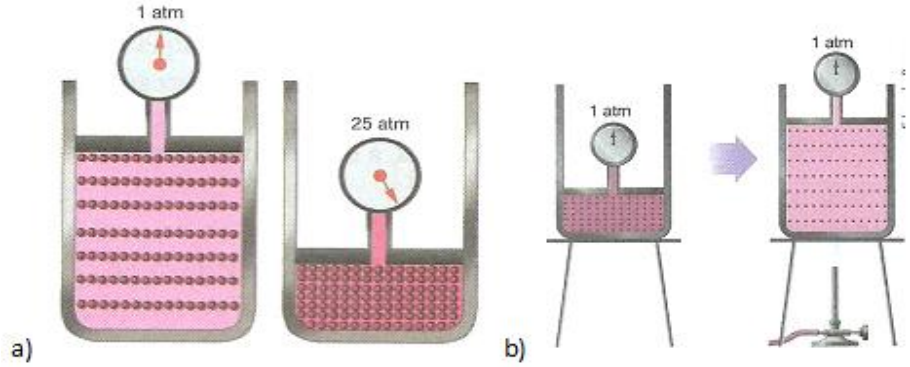


Fonte: a) F6, V.2; b) F1, V.2; c) Q2, V.1; d) F8, V.2.

Percebe-se que as partículas dos gases, quando são representadas, podem ter várias formas, que passam de pontinhos a esferas, de borrões de tinta a esferas com indicação de movimento. A respeito dessas imagens, o aumento da iconicidade ocorre na medida em que vão se acrescentando mais detalhes às representações, partido de um desenho abstrato a um modelo mais elaborado, com indicação de movimentação.

Algumas imagens que não condizem com a teoria dos gases também foram observadas como mostra a Figura 35.

Figura 35: Representação atômico-molecular dos gases do livro F3.



Fonte: F3

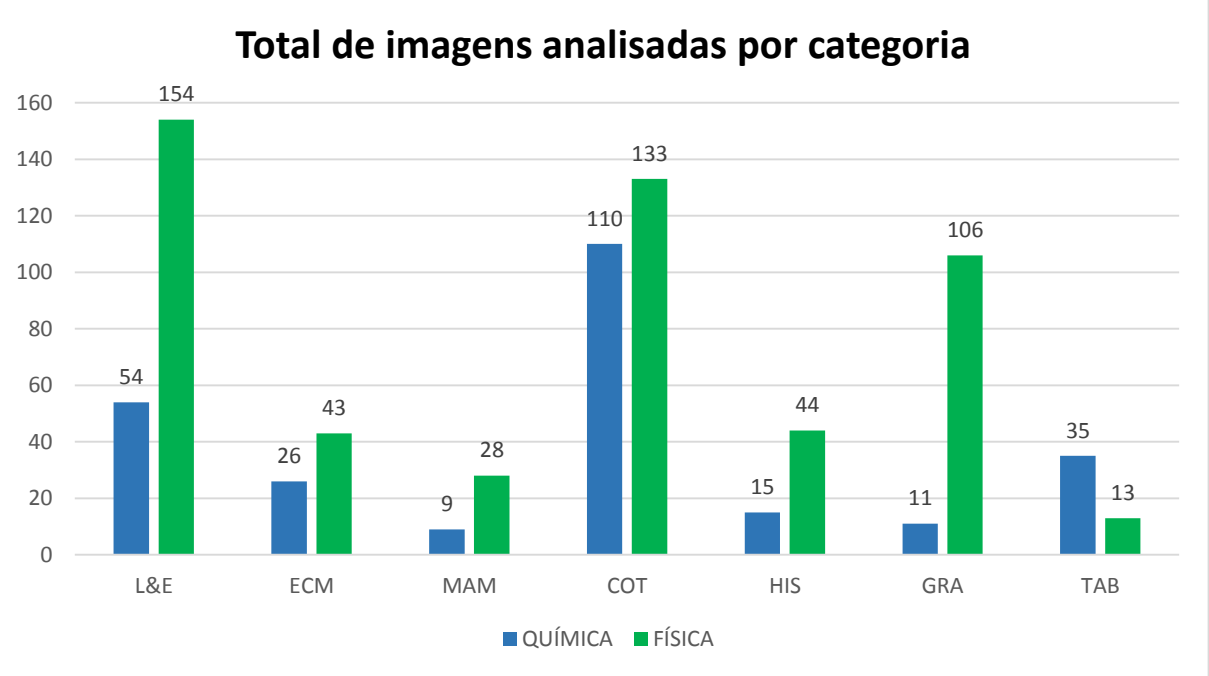
O que chama a atenção nesses casos é a organização das partículas dentro do recipiente, pois em ambas as imagens as partículas, representadas por esferas, estão perfeitamente alinhadas, o que não condiz com o modelo cinético dos gases descrito no livro que contém essas imagens: "... – as partículas apresentam movimento desordenado, em qualquer direção" (F3, p.98). Se há movimento desordenado, as partículas não estão alinhadas como mostra a representação.

5. Considerações finais

O presente trabalho visou analisar, quantificar e compreender o papel das imagens presentes em livros didáticos de Física e Química, para dois conteúdos comuns a ambas as disciplinas: Teoria dos Gases e Pilhas e Baterias.

Foram analisadas 781 imagens relativas aos dois conteúdos – 521 nos livros de Física e 260 nos livros de Química. A distribuição das imagens por categorias está no Gráfico 7.

Gráfico 7: Distribuição do total de imagens analisadas por categorias para os Livros de Física e Química



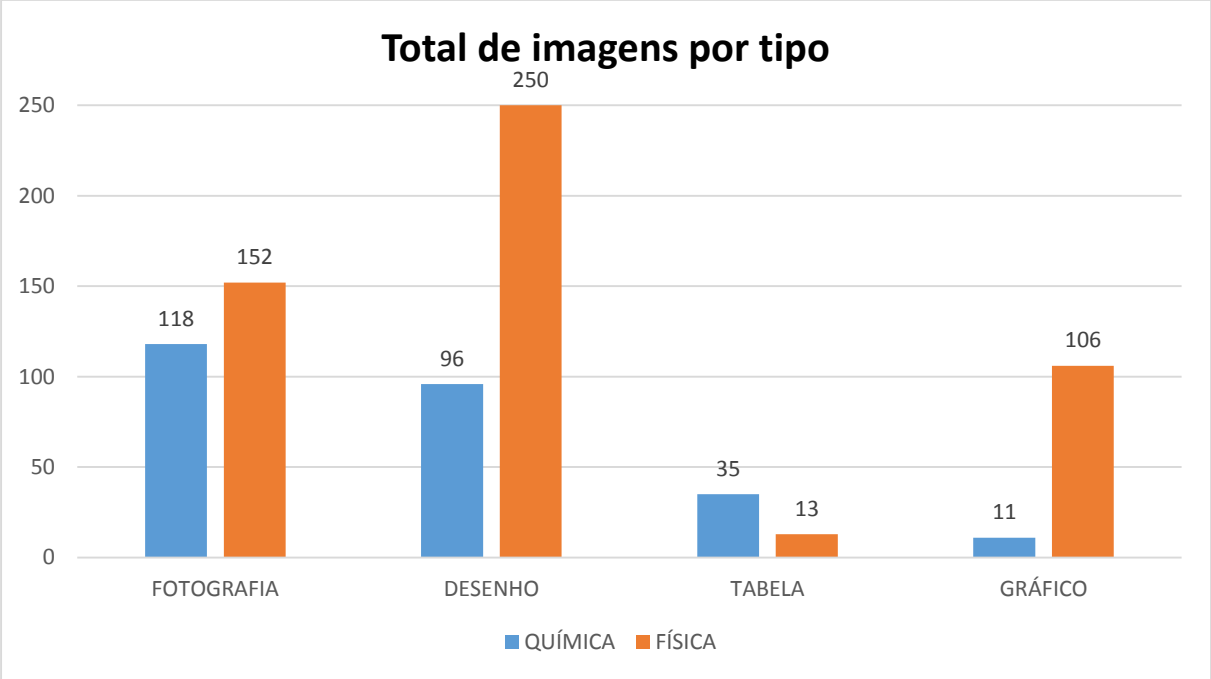
Fonte: elaborado pela autora

As imagens, predominantemente estão nas categorias Laboratório e Experimentação e Cotidiano, em ambas as disciplinas, com destaque para Gráficos, nos livros de Física e Tabelas, nos livros de Química.

Quanto ao tipo de imagens apresentadas pelos livros, em ambas disciplinas há predominância de Fotografias e Desenhos, entre as imagens analisadas, sendo que

há mais desenhos nos livros de Física e mais Fotografias em livros de Química (Gráfico 8)

Gráfico 8: Distribuição do total de imagens analisadas por tipo para os Livros de Física e Química



Fonte: elaborado pela autora

Analisando a função das imagens presentes nos livros, pode-se inferir que elas são usadas principalmente para exemplificação e contextualização dos assuntos trabalhados, bem como representação dos aparatos usados para experimentação. Essas imagens são sin-signos, uma vez que são signos que representam um objeto real, existente.

Pode-se elencar as principais estratégias de comunicação que são adotadas pelos livros didáticos, sobretudo nos capítulos analisados:

- Maior iconicidade nas imagens utilizadas para representação do conhecimento nos livros de Química. Ao longo do texto, observaram-se várias ponderações sobre o realismo que é praticado pelos químicos e, consequentemente, pelos autores dos livros didáticos;

- Nos livros de Física a maioria das representações utilizadas são gerais, que não abordam, por exemplo, nenhum tipo de gás específico, mas usam as imagens para

exemplificar o comportamento de um gás ideal, que corresponde as teorias e leis apresentadas.

- Em ambas as disciplinas são utilizadas réplicas, que constituem uma aplicação de um legi-signo icônico em um exemplo específico, sendo então um sin-signo icônico.

> [Legi-signo icônico] é todo tipo ou lei geral, na medida em que exige que cada um de seus casos corporifique uma qualidade definida que o torne adequado para trazer à mente a ideia de um objeto semelhante [...] Sendo um legi-signo, seu modo de ser é o de governar Réplicas singulares, cada uma das quais será um Sin-signo icônico do tipo especial (CP 2.258).

- O aprimoramento das técnicas de impressão e design dos livros didáticos acarretou um aumento significativo do número e na qualidade das imagens nos livros didáticos, como já destacado por Souza (2012), Santaella (2012 a) e Medeiros e Medeiros (2011). O uso de fotografias reflete esse melhoramento das condições de desenvolvimento e confecção dos livros didáticos, ocasionando também maior aproximação dos conteúdos trabalhados do cotidiano do aluno, sendo que essa aproximação pode ter influência na aprendizagem ou não.

- Há inúmeras diferenças entre as apresentações do mesmo conteúdo nos Livros de Química e Física, como já apontado por vários autores, inclusive Greca e Santos (2005), que concluem que

> A pesquisa em ensino de ciências vem tradicionalmente tratando processos de modelação de maneira indiferenciada; entretanto como temos tentado argumentar neste trabalho, esse parece ser um equívoco que desconsidera muitas das peculiaridades históricas e epistemológicas das diferentes disciplinas científicas. Possivelmente nós pesquisadores devêssemos adotar uma postura mais feyerabendiana[13] no sentido de compreender que as ciências progrediram e se especializaram a partir de um pluralismo epistemológico e esse pluralismo deveria fundamentar nossas ações e estratégias para o ensino da Química e da Física (GRECA; SANTOS, 2005, p. 44-45).

Assim sendo, e tendo considerado todos os resultados obtidos nessa pesquisa, em que o mesmo conteúdo, seja ele Teoria dos Gases ou Pilhas e Baterias, é apresentado em mais de uma disciplina tendo enfoques e formas de comunicação do

[13]A argumentação feyerabendiana é contrária à hegemonia de uma teoria, ideia ou posição, bem como o seu apelo a uma fundamentação humanista para a epistemologia anarquista.

conhecimento diferentes, é importante entender que, através dessas diferenças de abordagem, obstáculos a aprendizagem podem ser construídos, dificultando a aprendizagem desses conteúdos pelos alunos.

Percebe-se, também, que os livros de Química tendem a ter posturas mais realistas que os livros de Física, uma vez que foi observado a presença de mais imagens icônicas, que representam e “materializam” as partículas presentes nessas representações.

Quanto as perspectivas acerca desse trabalho, poderia se desenvolver a pesquisa sobre outros conteúdos a fim de se esclarecer se a tendência observada nesse trabalho se aplica ao livro como um todo e também pesquisar como os alunos respondem a essas diferentes formas de comunicação do conhecimento.

Referências bibliográficas

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. Tradução Alfredo Bosi. - 21ª ed. Martins Fontes, São Paulo, 1998.

ABREU, R. G. GOMES, M. M.; LOPES, A. C. Contextualização e Tecnologias em Livros Didáticos de Biologia e Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol.10, n.3, p.405-417, 2005.

ADG. **ABC da ADG: glossário de termos e verbetes utilizados em design gráfico.** Associação dos Designers Gráficos, 2000.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; DÍAZ, C.; ARIZA, Y. La filosofía de la Química como referente epistemológico en la construcción de uma naturaleza de la ciencia para la formación de profesores de Química. In: X Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica. **Anais.** Buenos Aires, Argentina**.** 2015

BITTENCOURT, C. M. F. O que é livro didático? In: II Seminário Nacional sobre Leitura Infanto-Juvenil, Livro Didático e Participação da Comunidade em Formação de Leitores, 1996, São Paulo. **Anais do II Seminário Nacional sobre Leitura Infanto-Juvenil, Livro Didático.** São Paulo: Faculdades Teresa Martin, V. 1. p. 388-390. 1996.

BORGES, M. El papel de la ilustración en la alfabetización visual. IN: 2nd International Conference of Art, Illustration and Visual Culture in Infant and Primary Education. Mar. 2015. **Blucher Education Proceedings** vol. 1 num. 2 - 1.2. 2012. p. 268-272.

BRANQUINHO, J.; MURCHO, D.; GOMES, N. G**. Enciclopédia de termos lógicos-filosóficos.** São Paulo: Martins Fontes, 2005.

BRASIL. **Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no catalogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM/2007.** Brasília, DF. Ministério da Educação.

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005.

_____. **Histórico.** Brasília, DF. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2012. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>. Acesso em 23 fev. 2014

_____. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático PNLD- 2015.** Brasília, DF. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2013.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Química: ensino médio**. – Brasília, DF. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014a.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Física: ensino médio**. – Brasília, DF. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014b.

CALDIN, E. The structure of chemistry in relation to the philosophy of science. ***HYLE***, 8(2), pp. 103-121,2002.

CARNEIRO, M. 'As Imagens no Livro Didático'. **Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Valinhos, S. Paulo, 1997, pp. 366-373.

CAMPOS, C.; CACHAPUZ, A. Imagens de ciência em manuais de química portugueses. **Química nova na escola.** N° 6, novembro, p.23-29, 1997.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e pesquisa.** V.30, n.3, p.549-566, 2004.

CRAVO, G. M. **A fotografia como representação do conhecimento didático: uma abordagem semiótica.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CRESWELL, J. W. **"Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto”**. Tradução: Luciana de Oliveira da Rocha. Porto Alegre. 2ª edição. Artmed, 2007.

DAL-FARRA, R. A.; LOPES, P. T. C. Métodos mistos de pesquisa em educação: pressupostos teóricos. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 24, n. 3, p. 67-80, 2013.

DEL RE, G. Ontological status of molecular structure. HYLE, v. 4, n. 2, p. 81-103, 1998.

FLORES, C.; MORETTI, M. O funcionamento cognitivo e semiótico das representações gráficas: Ponto de análise para aprendizagem Matemática. In: Reunião Anual da ANPED, GT19: educação matemática, 28. 2005, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPED. p. 1-13. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_28/funcionamento.pdf >. Acesso: em 13 abr. 2017.

FREITAS, N. K.; RODRIGUES, M. H. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **Revista da Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2008.

GIBIN, G.B.; KIILL, K.B.; FERREIRA, L.H. Categorização das imagens referentes ao tema equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.** Vol.8, Nº2, p. 711-721, 2009.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n.10, p. 43-49, 1999.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola,** v. 7, p. 34-42, 2007.

GONÇALVES, T. Investigar em Educação: fundamentos e dimensões da investigação qualitativa. In Alves M. G., Azevedo N. R. (Eds.), **Investigar em educação. Desafios da construção de conhecimento e da foramção de investigadores num campo**

muilti-referenciado. p. 39-62. Caparica, Portugal: UIED-FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2010.

GOUVÊA, G.; MARTINS, I. Imagens e Educação em Ciências. In ALVES, N.; SGARBI, P. (eds.) **Imagens e espaços da escola Rio de Janeiro**: DP&A, p. 41-58. 2001.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em Ciências: o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências.** Porto Alegre, V10(1), p. 31-46, 2005.

HIPÓLITO, E. S. R.; FIORESI, C. A.; CUNHA, M. B. Análise da História da Ciência em um livro didático de Química na perspectiva do currículo oculto. **Anais do X ENPEC**, Águas de Lindóia, Nov. 2015. Disponível em: www.xenpec.com.br/anais2015/resumos/R0448-1.PDF. p.1-8. Acesso em 14 jun. 2016

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário Básico De Filosofia.** 3ª edição revista e ampliada. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2001.

JIMÉNEZ, J.D.; PERALES, F.J. Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito y de las ilustraciones de los libros de texto de física y química en la ESO. **Enseñanza de las Ciencias,** 19, pp. 3-19. 2001

KAVALEK, D. S.; SOUZA, D. O. G.; DEL PINO, J. C.; RIBEIRO, M. A. P. Filosofia e História da Química para educadores em Química. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces.** v. 12, p. 1-13, 2015.

KAVALEK, D. S.; RIBEIRO, M. A. P; SOUZA, D. O. G.; DEL PINO, J. C. A Filosofia da Química na formação dos professores de Química. Congresso Ibero-Americano de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação. Buenos Aires, Argentina, p.1-13, 2014.

KAYA, E.; ERDURAN, S. Integrating epistemological perspectives on chemistry in chemical education: The cases of concept Duality, chemical language, and structural explanations. **Science & Education.** V.22, p. 1741-1755, 2011.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico.** 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos.

KNIGHT, D. Exalting Understanding without Depressing Imagination. Depicting Chemical Process. **Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 9, p. 171-189, 2003.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo. Perspectiva, 2009.

LABARCA, M. Chapter 5: The relation between Chemistry and Physics. Origin and present relevance of a controversy space. In: Nudler, Oscar (ed.), **Controversy Spaces: A model of scientific and philosophical change**. 2011. (p. 103–122)

LAJOLO, M. Livro didático: um (quase) manual de usuário. **Em Aberto**, v. 16, n. 69, p. 3-9, 1996.

LEMES, A.F.G. **Aspectos filosóficos e educacionais da química: investigando as concepções de doutorandos em química.** 2013. 171p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Química) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.

LEMES, A.F.G.; PORTO, P.A. 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**, Vol. 13, Nº 3, p. 121-147. 2013a.

_____. O fazer química e o ensinar química: algumas considerações em torno do realismo químico. IX Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias. Girona. **Enseñanza de las Ciencias,** Número extra, p.1531-1538, 2013b.

LESKE, G. CUNHA, M.B. A imagem de cientista e história da ciência nos livros didáticos de química. IN: LEITE, LEITE, R.F; CUNHA, M.B (Org.) **Recursos, metodologias e pesquisa no Ensino de Ciências e Química**, Ed. Evangraf, Unioeste, p. 95-128, 2016.

LISBÔA, R.A.M. **Concepções sobre ciência e natureza.** 2015. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências.

MAAR, J. H. Aspectos históricos do ensino superior de química. **Scientiae Studia,** v. 2, n. 1, p. 33-84, 2004.

MACHAMER, P.K. A Brief Historical Introduction to the Philosophy of Science. In: MACHAMER, P.K & SILBERSTEIN, M. (eds.), **The Blackwell Guide to the Philosophy of Science.** Cambridge: Blackwell, p.1-17. 2002.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa In: **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula** / [Editoras] MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA. R. — Rio de Janeiro, p.11-30. 2012.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens**. Ciência e cultura,** v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MCINTYRE, L. The emergence of the philosophy of chemistry. **Foundations of Chemistry**, v. 1, n. 1, p. 57-63, 1999.

MEDEIROS, A., MEDEIROS, C. Questões epistemológicas nas iconicidadades de representações visuais em livros didáticos de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1. n.1. Porto Alegre: ABRAPEC, p.103-117, 2001.

MENDES, A.N.N.B. **A Linguagem Oral nos Livros Didáticos de Língua Portuguesa do Ensino Fundamental – 3º e 4º ciclos: algumas reflexões.** Tese de doutorado, PUC-SP, 2005.

MIRANDA, F. A.; ARAÚJO, S. C. M. Identificação de obstáculos epistemológicos presentes em alguns livros didáticos de química do ensino médio. **XVI ENEQ/X EDUQUI**. ISSN: 2179-5355, 2013.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, nº 1, Março, p 94-99, 2000.

MORTIMER, E.F. a evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, Brasília, ano 7, n. 40, out./dez. 1988.

MUNAKATA, K. O livro didático: alguns temas de pesquisa. In: **Revista Brasileira de História e Educação**. Campinas, v.12, n.13, p.179-197, 2012.

NASS, D.P. **Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-aprendizagem: uma análise de livros didáticos de química do Ensino Médio.** 2008. 237p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química Analítica). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP.

NUÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L.; SILVA, I.K.P.; CAMPOS, A.P.N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. **Revista Ibero-americana de Educação,** v. 25, n. 04, 2003.

OCCELLI, M.; VALEIRAS, N. Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias,** 31(2), p.133-152, 2013.

OKI, M. C. M. **A História da Química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA**. 2006. 430f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência, **Ciência & Educação,** v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVA, A. Kuhn: o normal e o revolucionário na reprodução da racionalidade científica. In: **Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas**. PORTOCARRERO, V. (Org). SciELO-Editora FIOCRUZ, 1994.

PAGLIARINI, C.R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. Dissertação de mestrado, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PEIRCE, C.S. **Semiótica.** São Paulo. 2ª reimp. da 3ª Ed. Perspectiva. 2005

_____. **Semiótica e Filosofia.** Trad. Octanny Silveira da Mota e Leônidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix, 1975.

_____. **The Collected Papers**. HARTSHORNE, C.; WEISS, P.; BORKS, A. (Ed.) Cambridge: Harvard University Press, 1931-1958.

_____. **The essential Peirce: selected philosophical writings**. Peirce Edition Project. (ed.) Indiana: Indiana University, Vol. II (1893-1913), 1998.

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

PERRELLI, M. A. S.; LIMA, A. A.; BELMAR, C. C. A escolha e o uso do livro didático pelos professores das áreas de ciência naturais e matemática: as pesquisas que abordam essa temática. **Revista Série-Estudos.** Campo Grande, MS, n. 35, p. 241-261, jan./jun. 2013.

PESSOA JR, O. **Filosofia & sociologia da ciência: uma introdução** (não publicado), 1993. Disponível em:< http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Soc1.pdf> Acesso em 12 ago. 2015.

_____. O que é a filosofia da física? **Com Ciência.** V. 156, Mar. 2014. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=97&id=1186&print=true> Acesso em: 06 jul.2015.

PICCININI, C.L. Imagens no ensino de ciências: uma imagem vale mais do que mil palavras? In: **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula** / [Editoras] MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA. R. — Rio de Janeiro, p.149-159. 2012.

PRALON, L. Imagem e produção de sentido: as fotografias no livro didático. In: **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula** / [Editoras] MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA. R. — Rio de Janeiro, 2012. p. 161-171.

PRUDÊNCIO, M. E. D.; FARIAS, G. G.; VIEIRA, F. D. S. C.; SUZY, P. A qualidade do ensino da Física e o interesse de estudantes do Ensino Médio pela docência na área**. Revista Electrónica de Investigación y Docencia** (REID), n. 15, p.23-38, 2016.

QUEIROZ, J. Classificações de signos de C.S.Peirce – De 'on the logic of science' ao 'syllabus of certain topics of logic'. **Trans/Form/Ação**, São Paulo, 30(2): p.179-195, 2007.

REGO, S.C.R. Imagens e ensino de física: análise de livros didáticos utilizados em um curso de licenciatura. In: **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula** / [Editoras] MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; VILANOVA. R. — Rio de Janeiro, p. 173-187. 2012.

REZENDE, F; OSTERMANN, F; FERRAZ, G. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1402, 2009.

ROCHA, M.N. **A necessidade do pensamento filosófico para a compreensão da física: um estudo inspirado em Wittgenstein no contexto da mecânica newtoniana.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SANTAELLA, L. **O que é Semiótica?** São Paulo. Editora Brasiliense, 1983.

_____. **Semiótica aplicada**. Cengage Learning Editores, 2002.

_____. **Leitura de imagens.** São Paulo: Ed. Melhoramentos. 2012a.

_____. **A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas.** Cengage Learning, 2000. 4ª reimpressão, 2012b.

SCERRI, E. R.; McINTYRE, L. The case for the philosophy of chemistry. **Synthese.** Nº 111: p.213–232, 1997.

SCHUMMER, J. The philosophy of chemistry. **Endeavour.** Vol.27 Nº1, p.37-41. Março, 2003

SCHUMMER, J. The impact of instrumentation on chemical species identity from chemical substances to molecular species. In: Morris, P.J.T. (Ed.) From classical to modern chemistry. Cambridge: RSC, pp. 188-211. 2002.

SILVA, C. F. **Construção e realidade nas imagens dos livros didáticos de física.** 2008. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

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

SILVA, H., C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M.H.S.; GASTAL, M.L.; CASSIANO, W.S. Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. **Ciência e Educação,** v. 12, n. 2, p. 219- 233, 2006.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto,** Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. p. 36-41, 1992.

SOUZA, K.A.F.D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX.** 2012. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P.A. Estratégias visuais na construção de uma realidade química: análise semiótica das ilustrações em livros didáticos ao longo do século XX. In**: Encontro Nacional de Pesquisa em educação em Ciências,** 2011, Campinas: ABRAPEC, 2011.

SPRATT, C.; WALKER, R.; ROBINSON, B. **Mixed research methods. Practitioner Research and Evaluation Skills Training in Open and Distance Learning.** Commonwealth of Learning, Vancouver, 2004.

TALANQUER, V. Macro, submicro and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet**". International Journal of Science Education**, 33(2), pp. 179-195. 2011.

TOMASI, J. Towards 'chemical congruence' of the models in theoretical chemistry. **HYLE**, v.5, n.2, p. 79-115, 1999.

TORRES, J. P.; MALHEIRO, C. L. Análise de imagens com maior nível de iconicidade presente em livros didáticos de física do ensino médio. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente. **Colloquium Humanarum,** vol. 9, n. Especial, jul–dez, p. 652-659, 2012

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

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. 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,** v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

Anexos

Anexo 1 - Lista de livros de Química aprovados pelo PNLD – 2015

Química			
Título	**Autor(es)**	**Editora**	**Edição – Ano**
Química	Martha Reis M. da Fonseca	Editora Ática	1ª edição - 2013
Química	Eduardo Fleury Mortimer Andréa Horta Machado	Editora Scipione	2ª edição - 2013
Química cidadã.	Eliane Nilvana F.de Castro Gentil de Souza Silva Gerson de Souza Mól Roseli Takako Matsunaga Salvia Barbosa Farias Sandra Maria de O. Santos Siland Meiry França Dib	Editora AJS	2ª edição - 2013
Ser protagonista – Química	Murilo Tissoni Antunes.	Editora SM	2ª edição - 2013

Fonte: Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015: Química: ensino médio, 2014.

Anexo 2 – Lista de livros de Física aprovados pelo PNLD – 2015

Física			
Título	**Autor(es)**	**Editora**	**Edição – Ano**
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Editora Ática	2ª edição - 2013
Física	Alysson Ramos Artuso Marlon Wrublewski	Editora Positivo	1ª edição - 2013
Física: Conceitos e contextos: pessoal, social, histórico	Mauricio Pietrocola Alexandre Pogibin Renata de Andrade Talita Raquel Romero	Editora FTD	1ª edição - 2013
Física	José Roberto Castilho Piqueira Wilson Carron José Osvaldo de S. Guimarães	Editora Ática	1ª edição - 2013
Física aula por aula	Claudio Xavier Benigno Barreto	Editora FTD	2ª edição - 2013
Física Contexto & aplicações	Antônio Máximo Beatriz Alvarenga	Editora Scipione	1ª edição - 2013
Física	José Roberto Bonjorno Regina Azenha Bonjorno Valter Bonjorno Clinton Marcico Ramos Eduardo Prado Renato Casemiro	Editora FTD	2ª edição - 2013
Física Interação e Tecnologia	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano	Editora Leya.	1ª edição - 2013
Física para o Ensino Médio	Luiz Felipe Fuke Kazuhito Yamamoto	Editora Saraiva	3ª edição - 2013
Física	Ricardo Helou Doca Newton Villas Bôas, Gualter José Biscuola	Editora Saraiva	2ª edição - 2013
Quanta física	Carlos Aparecido Kantor Lilio Alonso Paoliello Jr. Luís Carlos de Menezes Marcelo de Carvalho Bonetti Osvaldo Canato Jr. Viviane Moraes Alves	Editora Pearson	2ª edição - 2013
Ser protagonista Física	Angelo Stefanovits	Editora SM	2ª edição - 2013
Conexões com a Física	Gloria Martini Walter Spinelli Hugo Carneiro Reis Blaidi Sant'Anna	Editora Moderna	2ª edição - 2013
Física Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antonio de T. Soares Paulo Cesar Martins Penteado	Editora Moderna	3ª edição - 2013

Fonte: Guia de Livros Didáticos – PNLD 2015: Física: ensino médio, 2014.