



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS
CIÊNCIAS

KESSIA LEILÍCIA ALMEIDA DOS SANTOS

**UMA ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O MODELO
ATÔMICO DE DALTON EM RELAÇÃO À
ARGUMENTAÇÃO E AO USO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA
DA CIÊNCIA**

Feira de Santana
2023

KESSIA LEILÍCIA ALMEIDA DOS SANTOS

**UMA ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O MODELO
ATÔMICO DE DALTON EM RELAÇÃO À
ARGUMENTAÇÃO E AO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Texto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia – UFBA e Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Elder Sales Teixeira.

Coorientador: Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva.

Feira de Santana
2023

Santos, Kessia Leilícia Almeida dos.

Uma análise de livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton em relação à argumentação e ao uso da história da ciência [recurso eletrônico] / Kessia Leilícia Almeida dos Santos. - Dados eletrônicos. - 2023.

Orientador: Prof. Dr. Elder Sales Teixeira.

Coorientador: Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2023.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

Disponível em formato digital.

Modo de acesso: <https://repositorio.ufba.br/>

1. Química (Ensino médio) - Estudo e ensino. 2. Argumentação. 3. Ciência - História. 4. Átomos - Modelos. 5. Livros didáticos - Análise. I. Teixeira, Elder Sales. II. Silva, José Luis de Paula Barros. III. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. IV. Universidade Estadual de Feira de Santana. V. Título.

CDD 540.7 - 23. ed.



Universidade Federal da Bahia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC)**

ATA Nº 1

Ata da sessão pública do Colegiado do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC), realizada em 18/07/2023 para procedimento de defesa da Dissertação de MESTRADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS no. 1, área de concentração Educação Científica e Formação de Professores, do(a) candidato(a) KESSIA LEILICIA ALMEIDA DOS SANTOS, de matrícula 2020109693, intitulada UMA ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON EM RELAÇÃO À ARGUMENTAÇÃO E AO USO DA HISTÓRIA E

FILOSOFIA DA CIÊNCIA. Às 14:00 do citado dia, Ambiente remoto, foi aberta a sessão pelo(a) presidente da banca examinadora Prof. ELDER SALES TEIXEIRA que apresentou os outros membros da banca: Prof^ª. Dra. LETICIA DOS SANTOS PEREIRA, Prof. JOSE LUIS DE PAULA BARROS SILVA e Prof^ª. Dra. Stefannie

de Sá Ibraim. Em seguida foram esclarecidos os procedimentos pelo(a) presidente que passou a palavra ao(à) examinado(a) para apresentação do trabalho de Mestrado. Ao final da apresentação, passou-se à arguição por parte da banca, a qual, em seguida, reuniu-se para a elaboração do parecer. No seu retorno, foi lido o parecer final a respeito do trabalho apresentado pelo(a) candidato(a), tendo a banca examinadora aprovado o trabalho apresentado, sendo esta aprovação um requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre. Em seguida, nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão pelo(a) presidente da banca, tendo sido, logo a seguir, lavrada a presente ata, abaixo assinada por todos os membros da banca.

Documento assinado digitalmente



STEFANNIE DE SA IBRAIM
Data: 18/07/2023 17:05:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Stefannie de Sá Ibraim

Examinadora Externa à Instituição

Dra. LETICIA DOS SANTOS PEREIRA, UFBA

Documento assinado digitalmente



LETICIA DOS SANTOS PEREIRA
Data: 18/07/2023 17:50:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora Interna

Documento assinado digitalmente



JOSE LUIS DE PAULA BARROS SILVA
Data: 19/07/2023 05:30:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

JOSE LUIS DE PAULA BARROS

Documento assinado digitalmente



ELDER SALES TEIXEIRA
Data: 18/07/2023 16:45:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

SILVA, UFBA

**ELDER SALES TEIXEIRA,
UEFS**

AGRADECIMENTOS

Os caminhos percorridos para a construção desta dissertação foram marcados por luta, resistência, amor, fé e coragem. Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada.

Primeiramente, agradeço a Deus, que olha por mim com benevolência e me fortalece em cada etapa dessa caminhada.

À minha mãe, Cassinha, expresso minha gratidão por sempre acreditar em mim, me incentivar e apoiar meus sonhos. Suas constantes demonstrações de orgulho em cada conquista minha são lembranças afetuosas que carrego comigo. Esta dissertação é nossa, e sempre buscarei ser motivo de orgulho para você.

Ao meu pai, em memória, embora tenha partido antes do meu nascimento, sinto sua presença constante em minha vida. De onde estiver, saiba que amo ouvir os relatos emocionantes dos meus familiares sobre você, você é uma grande inspiração para mim.

Aos meus avós, Railda e Nicacio, agradeço pelo amor puro e precioso que recebo de vocês. Amo vocês demais!

Ao meu noivo, Danilo, obrigada pelo amor, companheirismo, cuidado, paciência. Por enfrentar todo o processo comigo, desde o dia da seleção de mestrado. Te escolheria infinitas vezes, você traz leveza e felicidade para os meus dias.

Aos meus orientadores, Elder e Zé, considero vocês os melhores orientadores que poderia ter. Obrigada por estarem sempre dispostos a orientar, em nenhum momento deste processo, me sentir desacolhida. Vocês são inspirações, pessoal e profissional.

Ao grupo de pesquisa em argumentação, especialmente "as meninas" Joilma e Fabi, agradeço pela amizade, pelos diálogos enriquecedores e pelas valiosas resenhas. Foi tudo muito importante.

Aos meus alunos, agradeço por serem uma fonte constante de motivação para a minha pesquisa em ensino de ciências.

À banca examinadora, composta pelas professoras Dra. Letícia dos Santos Pereira e Dra. Stefannie de Sá Ibraim, agradeço por aceitarem participar da avaliação da minha dissertação e pelos valiosos comentários sobre o trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), expresso minha gratidão pela bolsa concedida para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ter todos vocês ao meu lado é um reflexo do amor e cuidado de Deus em minha vida.

SANTOS, Kessia Leilícia Almeida. Uma análise de livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton em relação a argumentação e ao uso da história da ciência. 2023. Orientador: Elder Sales Teixeira. f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2023.

RESUMO

O ensino dos modelos atômicos em livros didáticos de ciências da natureza do ensino médio se apresenta fragmentado, como um discurso cujas partes estão pouco conectadas: (a) do ponto de vista linguístico, como um conjunto de afirmativas que não se completam num raciocínio coerente e íntegro; e (b) do ponto de vista histórico, por não relacionar explicitamente cada modelo atômico com os fatos que contribuíram para a sua elaboração. O presente trabalho tem como objetivo analisar como o modelo atômico de Dalton tem sido abordado nos livros didáticos de ciências da natureza do ensino médio, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, em relação aos aspectos históricos e argumentativos. Analisamos sete livros didáticos de ciências da natureza. Para tanto, elaboramos uma narrativa histórica sobre o modelo atômico de Dalton e nos baseamos no Padrão Argumentativo de Toulmin. Analisamos sete livros didáticos de modo qualitativo. A análise do conteúdo histórico se baseou em uma lista de itens considerados importantes no emprego didático do conteúdo histórico, elaborada a partir da literatura. A análise dos argumentos se fundamentou nos elementos constitutivos do Padrão Argumentativo de Toulmin. Os resultados da análise histórica mostram que, em geral, falta a descrição das ideias científicas de Dalton; a história da ciência é apresentada como uma simples cronologia, baseada em datas e nomes; as motivações e os problemas específicos que levaram Dalton a elaborar sua teoria atômica não são explorados adequadamente; há erros de conteúdo histórico. Os resultados da análise argumentativa revelam que a maioria dos livros didáticos não apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do Padrão Argumentativo de Toulmin e do conteúdo do Modelo Atômico de Dalton, com algumas exceções pontuais. Isso indica que os livros podem contribuir pouco para a compreensão do modelo atômico de Dalton e para o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos estudantes sobre o tema. Portanto, faz-se necessários mais investigação acerca das contribuições da história da ciência e/ou da argumentação no ensino do modelo atômico de Dalton na Educação básica. Há uma necessidade da elaboração de textos didáticos argumentativos sobre o modelo atômico de Dalton, a fim de favorecer a construção do conhecimento, bem como a contribuição para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes. Concluímos que a fragmentação identificada na revisão preliminar se estende para os livros didáticos analisados. Por isso, esses livros pouco podem contribuir para auxiliar na construção do modelo atômico de Dalton pelos estudantes, apesar do PNLD exigir que os livros didáticos utilizem a história da ciência e a argumentação. Diante da carência histórica e argumentativa constatada nos livros didáticos, é essencial realizar mais investigações sobre a utilização da história da ciência e da argumentação no ensino de química. Além disso, torna-se necessária a elaboração de textos didáticos histórico-argumentativos sobre o modelo atômico de Dalton.

Palavras-chave: Argumentação. Ensino de Química. História da ciência. Modelo atômico de Dalton.

SANTOS, Kessia Leilícia Almeida. Uma análise de livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton em relação a argumentação e ao uso da história da ciência. 2023. Orientador: Elder Sales Teixeira. f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2023.

ABSTRACT

The teaching of atomic models in high school natural sciences textbooks appears to be fragmented, as a discourse whose parts are poorly connected: (a) from the linguistic point of view, as a set of statements that are not completed in coherent reasoning and whole; and (b) from the historical point of view, by not explicitly relating each atomic model with the facts that contributed to its elaboration. The present work aims to analyze how Dalton's atomic model has been approached in natural science textbooks for high school, approved by the National Textbook Program (PNLD) 2021, in relation to historical and argumentative aspects. We analyzed seven natural science textbooks. To do so, we elaborated a historical narrative about Dalton's atomic model and based it on Toulmin's Argumentative Pattern. We analyzed seven textbooks qualitatively. The analysis of the historical content was based on a list of items considered important in the didactic use of historical content, drawn from the literature. The analysis of the arguments was based on the constituent elements of Toulmin's Argumentative Pattern. The results of the historical analysis show that, in general, the description of Dalton's scientific ideas is lacking; the history of science is presented as a simple chronology, based on dates and names; the specific motivations and problems that led Dalton to elaborate his atomic theory are not adequately explored; there are historical content errors. The results of the argumentative analysis reveal that most textbooks do not present satisfactory argumentation from the point of view of Toulmin's Argumentative Pattern and the content of Dalton's Atomic Model, with some specific exceptions. This indicates that books can contribute little to the understanding of Dalton's atomic model and to the development of students' argumentative capacity on the subject. Therefore, more research is needed on the contributions of the history of science and/or argumentation in the teaching of Dalton's atomic model in Basic Education. There is a need for the elaboration of argumentative didactic texts on Dalton's atomic model, in order to favor the construction of knowledge, as well as the contribution to the development of students' argumentation. We conclude that the fragmentation identified in the preliminary review extends to the analyzed textbooks. Therefore, these books can contribute little to help students build Dalton's atomic model, despite the PNLD requiring that textbooks use the history of science and argumentation. Faced with the historical and argumentative shortage found in textbooks, it is essential to carry out more investigations on the use of the history of science and argumentation in chemistry teaching. Furthermore, it is necessary to elaborate historical-argumentative didactic texts on Dalton's atomic model.

Keywords: Argumentation. Chemistry teaching. History of science. Dalton's Atomic Model.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	O INTERESSE PELA TEMÁTICA.....	7
1.2	CONTEXTO DA PESQUISA.....	8
1.3	OBJETIVO GERAL.....	10
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	11
	REFERÊNCIAS	13
2	UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON NA EDUCAÇÃO BÁSICA	15
2.1	INTRODUÇÃO.....	15
2.2	METODOLOGIA PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS.....	17
2.3	CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ARTIGOS.....	19
2.4	ANÁLISES DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	24
2.4.1	Artigo 1	24
2.4.2	Artigo 2	24
2.4.3	Artigo 3	25
2.4.4	Artigo 4	26
2.4.5	Artigo 5	26
2.4.6	Artigo 6	27
2.4.7	Artigo 7	28
2.5	ANÁLISE CONJUNTA DOS ARTIGOS.....	29
2.5.1	Estratégia de ensino	29
2.5.1.1	<i>Emprego de argumentação</i>	30
2.5.1.2	<i>Emprego de experimentação</i>	30
2.5.1.3	<i>Emprego de história da ciência</i>	31
2.5.1.4	<i>Emprego de jogos didáticos</i>	33
2.5.1.5	<i>Emprego de resolução de problemas e tempestade de ideias</i>	36
2.5.2	Nível de ensino	36
2.5.3	Recursos utilizados	37
2.6	CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES	38
	REFERÊNCIAS	39
3	ANÁLISE NA PERSPECTIVA HISTÓRICA DO MODELO ATÔMICO DE DALTON NOS LIVROS DO PNLD 2021	44
3.1	INTRODUÇÃO.....	44
3.2	UMA BREVE NARRATIVA HISTÓRICA SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON.....	46
3.2.1	Antecedentes	48
3.2.2	Atomismo de Newton	51
3.2.3	Modelo Atômico de Dalton	51
3.3	ANÁLISE DOS LIVRO DIDÁTICOS NA PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	59
3.3.1	Dimensões Utilizadas	59
3.3.1.1	<i>Tipo e organização da informação histórica</i>	60
3.3.1.2	<i>Representações/Reproduções usadas na apresentação da informação histórica</i>	60

3.3.1.3	<i>Contexto relevante para a produção do conhecimento</i>	61
3.3.1.4	<i>Bibliografia</i>	61
3.4	RESULTADOS	61
3.5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	77
4	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO PNL D 2021 QUANTO À ARGUMENTAÇÃO SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON	82
4.1	INTRODUÇÃO.....	82
4.2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	84
4.2.1	Argumentação no ensino de ciências	84
4.3	O PADRÃO ARGUMENTATIVO DE TOULMIN (PAT)	86
4.3.1	Estrutura de um argumento	86
4.4	MODELO ATÔMICO DE DALTON: O CONTEÚDO DA ARGUMENTAÇÃO	88
4.5	METODOLOGIA	90
4.6	RESULTADOS	92
4.6.1	CATEGORIA A.....	92
4.6.2	CATEGORIA B.....	93
4.6.3	CATEGORIA C.....	94
4.7	CONCLUSÕES	99
	REFERÊNCIAS	99
5	CONCLUSÕES GERAIS	100

1 INTRODUÇÃO

1.1 O INTERESSE PELA TEMÁTICA

Nesta seção, permito-me utilizar a primeira pessoa para descrever um pouco da minha trajetória profissional, que me conduziu ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC). Iniciei a graduação em Licenciatura em Química na Universidade Estadual de Feira de Santana, em 2013. Química era minha matéria favorita no ensino médio; quando meus colegas não entendiam a explicação da professora, eu era a responsável pela explicação do conteúdo.

Não demorou, comecei a lecionar a matéria, em 2014, com apenas dezessete anos; estava no terceiro semestre do curso e ouvia muitos comentários negativos sobre a sala de aula, de modo que precisava vivenciar a experiência de ser “pró” de Química para saber se, realmente, a docência era o que eu queria como profissão. Procurei, então, um estágio na rede estadual de ensino de Feira de Santana. Fui contratada como estagiária, mas, na verdade, fiquei como docente responsável pelas aulas da referida disciplina.

Lá estava eu, uma adolescente, falando de Química para adolescentes. No início, enfrentei muitos obstáculos: a idade, por exemplo, pois eu era muito nova; as dificuldades apresentadas pelos alunos em entender conceitos químicos; além de ser minha primeira experiência na sala de aula e eu não entender muito a respeito do que é o ensino.

Porém, já nas primeiras semanas, percebi que gostava de ensinar. Ajudar o outro a desenvolver um determinado raciocínio é complicado e a sala de aula tem, sim, muitos problemas; contudo, queria intervir, precisava contribuir para melhorias no ato de ensinar a matéria em questão. Constatei a minha inclinação para o ensino de ciências. Estava me tornando alguém preocupado e reflexivo acerca disso.

Durante toda a graduação vivenciei a sala de aula. As disciplinas de ensino, o PIBID e as experiências diárias nesse ambiente me aproximaram da docência de ciências. Nessa perspectiva, sempre observo e questiono a minha prática docente, o que gerou a demanda de me chegar mais ao magistério da matéria citada. Senti a necessidade de aprender estratégias que auxiliassem no ensino de Química, visto que a minha graduação não atendeu a essas preocupações.

Ao concluir a graduação, fiz o processo de seleção para aluna especial em uma disciplina recomendada por um de meus orientadores na graduação. Cursei a matéria, mas não me

identifiquei muito. Decidi fazer a seleção novamente como aluna especial, desta vez para outra disciplina, a de Tópicos Especiais - Os usos do Layout de Argumentação de Toulmin no Ensino de Ciências, ministrada pelo professor doutor Elder Sales Teixeira.

A motivação pela pesquisa ocorreu durante as aulas da matéria, pois percebi o quanto a argumentação pode contribuir para o ensino. Foi aí que descobri que queria ser uma professora e pesquisadora no ensino de Química.

Entendi que a argumentação era muito utilizada no ensino de ciências (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; QUEIROZ; SÁ, 2007; TEIXEIRA; FREIRE JÚNIOR; GRECA, 2015). Notei também a escassez de estudos a respeito da argumentação no ensino da disciplina em foco na educação básica. Vi o professor Elder como um exemplo de profissional e uma pessoa admirável; as discussões em sala eram sempre produtivas, estavam impactando a minha prática docente.

Então, escrevi meu anteprojeto de pesquisa em ensino de ciências utilizando a argumentação como fundamentação teórico, e, na seleção de 2020, fui aceita como aluna regular do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC). Após o resultado da seleção, fui apresentada ao professor doutor José Luis de Paula Barros Silva, que, mesmo já aposentado, aceitou a coorientação. Sempre sábio nas orientações. Que sorte a minha, fiquei com dois orientadores incríveis.

Em síntese, nesta seção pretendi mostrar os caminhos que me conduziram à pesquisa no ensino/ensino de química. Sei que tenho muito a aprender, mas este é um passo importante na minha trajetória inicial de professora e pesquisadora.

1.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Utilizaremos a perspectiva teórica da argumentação de Toulmin (2006), de acordo com a qual, um argumento é um encadeamento padrão lógico responsável por defender uma ideia. Vale frisar que após a publicação de seu conhecido livro **Os Usos do Argumento** (2006), o instrumento desenvolvido pelo autor, mesmo não sendo elaborado para o ensino de ciências, repercutiu na definição e utilização do termo argumento na área (OSBORNE; SIMON; ERDURAN, 2004).

As afirmações que levam a uma conclusão precisam ser justificadas. Sendo os dados o ponto de partida do argumento até chegar à conclusão, é recomendado apresentar proposições

para justificar essa passagem. Para inserir informações que autorizem passar dos dados para a conclusão, são necessárias pontes, afirmações gerais. Essas afirmações são chamadas de justificativas. Para a construção de um argumento válido são fundamentais, pelo menos, três elementos: dado (D), justificativa (J) e conclusão (C) (TOULMIN, 2006).

O conhecimento científico é consequência de comparações, julgamentos e avaliação de explicações convergentes, ou seja, a argumentação é base para o raciocínio (KUHN, 1991). Para favorecer a aprendizagem da própria ciência, a argumentação na sala de aula tem se mostrado como algo inerente e central no processo de construção e defesa das explicações científicas (BERLAND; HAMMER, 2012). Entretanto, em geral, ainda predomina no ensino de ciências a visão da argumentação como uma retórica de conclusões e do professor como transmissor do conhecimento (MENDONÇA; JUSTI, 2013).

No ensino de ciências a argumentação pode ser desenvolvida levando em consideração aspectos históricos e filosóficos da ciência. A História e Filosofia da Ciência (HFC) tem sido utilizada para promover o interesse dos alunos em relação às ciências, promovendo uma compreensão mais profunda das ideias científicas, pode favorecer também a aprendizagem sobre a natureza da ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012; MATTHEWS, 1995; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2009). Embora o uso didático da História e Filosofia da Ciência (HFC) tenha ganhado destaque nas últimas décadas no contexto educacional, ainda enfrenta alguns obstáculos. Dentre eles, destaca-se a escassez de habilidades, atitudes e crenças dos professores em relação à história da ciência, bem como a falta de presença adequada da HFC nos livros didáticos (HÖTTECKE; SILVA, 2011).

Um ensino de ciências baseado na argumentação com enfoque na história e filosofia é premente, considerando que, para fazer ciência, os cientistas desenvolvem e avaliam argumentos. Se a ciência escolar for estruturada em torno da argumentação, pode comunicar mensagens relevantes sobre a natureza da própria ciência (ARCHILA, 2015).

Neste trabalho, para avaliar a presença da argumentação e da HFC no ensino de Química, em específico nos livros didáticos, escolhemos como tema o modelo atômico de Dalton. As razões para esta escolha é que, em geral, há uma dificuldade de os estudantes compreenderem o mundo submicroscópico. Os estudantes, acabam considerando, por exemplo, o átomo como uma descoberta; o conceito de átomo, todavia, foi construído (MELO; LIMA-NETO, 2013). O modelo atômico de Dalton é fundamental para o ensino da disciplina em pauta, visto que o conceito de átomo é um dos pilares dessa ciência, pois foi a partir do modelo de Dalton que cálculos quantitativos sobre a matéria se tornaram possíveis (ROCHA, 2006).

Os livros didáticos na educação básica são muito empregados, mas, geralmente, explanam uma ciência linear, ahistórica e acumulativa (CHAVES; SANTOS; CARNEIRO, 2014). Os livros didáticos são utilizados por professores e alunos como a principal fonte de consulta. No entanto, é imprescindível buscar outras fontes para abordar o que os livros didáticos não discutem. Vale apontar que a escassez de materiais didáticos adequados na educação básica corrobora a dificuldade de aprendizagem quanto aos modelos atômicos, inclusive o modelo atômico de Dalton (GATTO; SUART JÚNIOR; STANZANI, 2017).

O ensino do modelo atômico de Dalton na educação básica se apresenta fragmentado (GATTO; SUART JÚNIOR; STANZANI, 2017; VIANA; PORTO, 2007). Uma análise preliminar dos livros didáticos de Ciências da Natureza (LDCN) aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), edição de 2021, e uma revisão de literatura sobre como o modelo de Dalton tem sido proposto para o ensino na educação básica revelaram que a fragmentação do ensino deste modelo configura um discurso cujas partes estão pouco conectadas: (a) do ponto de vista linguístico, como um conjunto de afirmativas que não se completam num raciocínio coerente e íntegro; e (b) do ponto de vista histórico, por não relacionar explicitamente cada modelo atômico com os fatos que contribuíram para a sua elaboração. Como os livros didáticos de Ciências da Natureza aprovados pelo PNLD 2021 foram escritos com base na BNCC, que atribui importância aos aspectos da argumentação (competência geral 7) e da história da ciência (competência geral 1), torna-se necessário analisar os livros didáticos atuais utilizados na educação básica de 2022 a 2024 em relação a esses aspectos.

Diante dos argumentos expostos, temos como questão de pesquisa: Como o modelo atômico de Dalton tem sido apresentado nos livros didáticos de ciências da natureza do ensino médio no Brasil quanto aos aspectos históricos e argumentativos?

1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar os aspectos histórico e argumentativo da apresentação do modelo atômico de Dalton em livros didáticos de Ciências da Natureza do ensino médio no Brasil.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar, através da literatura especializada, como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na educação básica;

Investigar como os livros didáticos do ensino médio abordam o modelo atômico de Dalton em relação ao uso didático da história de ciência;

Investigar como os livros didáticos do ensino médio abordam o modelo atômico de Dalton em relação à argumentação.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação será organizada no formato múltiplos artigos, ou seja, cada capítulo será apresentado em forma de artigo. Optamos por este formato porque, ao serem publicados em revistas renomadas e de grande circulação da área, os artigos têm uma visibilidade maior do que no formato convencional de dissertação, o que contribui para que sejam utilizados em salas de aula e em pesquisas (TEIXEIRA, 2010).

É mais produtivo concluir a dissertação com alguns artigos prontos do que, após a conclusão, tentar extrair os artigos. Ao submeter esses artigos a revistas, os árbitros, ao analisarem os trabalhos, proporcionam ao autor uma análise reflexiva de cada um dos textos (TEIXEIRA, 2010).

Isso permite ao pesquisador uma diversificação dos métodos de pesquisa, tendo em vista que cada artigo possui seus métodos e técnicas independentes um do outro, o que colabora para uma formação diversificada do pesquisador. Outro aspecto positivo é o rigor científico: ao submeter os artigos a algumas revistas, o pesquisador aumenta o rigor em relação ao próprio trabalho, porque, além da crítica da banca, haverá a crítica dos árbitros das revistas (TEIXEIRA, 2010).

O formato de múltiplos artigos também apresenta desvantagens, como a sobreposição e a fragmentação. O modo independente como os artigos são escritos pode criar a ideia de fragmento. Contudo, como na Introdução os artigos são relacionados, o leitor pode desconstruir essa ideia. Como o conjunto de artigos faz parte de um trabalho maior, a sobreposição acaba acontecendo (TEIXEIRA, 2010); mas, me esforcei para minimizar as repetições. Sendo assim, os três artigos que compõem a dissertação são:

1 – *Análise da literatura acerca do ensino do modelo atômico de Dalton.* Neste artigo, realizamos uma análise da literatura sobre propostas de ensino do modelo atômico de Dalton na educação básica. Tentamos avaliar, com esta revisão, como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na educação básica e quais os sucessos e as limitações das propostas. Notamos que as estratégias docentes mais utilizadas para o ensino do modelo em foco são a história da ciência e a argumentação. Em uma leitura preliminar sobre o modelo atômico de Dalton percebemos uma aparente fragmentação em seu ensino, com a revisão tivemos subsídios para afirmar que este problema da fragmentação do ensino do modelo atômico de Dalton, de fato, se configura nos artigos analisados. Então, optamos por analisar na perspectiva histórica e argumentativa como o modelo de Dalton é abordado nos livros didáticos visto que este é a principal fonte de ensino e aprendizagem na educação básica. Também com a identificação dos sucessos e limitações dos artigos da revisão, pensamos em propor, para uma pesquisa futura em nível de doutorado um plano de um texto didático para contribuir com melhorias no ensino do modelo atômico de Dalton na educação básica.

2 – *Análise de como os livros didáticos de ciências da natureza, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, abordam o modelo atômico de Dalton quanto aos seus aspectos históricos:* neste artigo, contamos, brevemente uma história do modelo atômico de Dalton e debatemos a fragmentação do ensino constatada na revisão sistemática deste modelo em questão do ponto de vista histórico, quando o seu ensino não é relacionado explicitamente com os fatos que contribuíram para a sua elaboração. Este artigo corrobora para constatar a existência de uma fragmentação do ensino do modelo atômico de Dalton constatado na revisão sistemática, a fragmentação (no aspecto histórico) que a revisão apontou no ensino do modelo atômico de Dalton como um todo, também está presente nos livros didáticos.

3 – *Análise de como os livros didáticos de ciências da natureza, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, abordam o modelo atômico de Dalton quanto aos seus aspectos argumentativos:* neste artigo, discutimos a fragmentação do ensino do modelo atômico como um discurso cujas partes estão pouco conectadas, conjunto de afirmativas que não se completam em um raciocínio coerente e íntegro. Este artigo corrobora para constatar a fragmentação do ensino do modelo atômico de Dalton constatado na revisão sistemática, a existência de uma fragmentação (no aspecto argumentativo) que a revisão apontou no ensino do modelo atômico de Dalton como um todo, também está presente nos livros didáticos.

Acreditamos que os resultados encontrados com o conjunto desses três artigos, articulados entre si, nos fornecem bons indícios de como os livros didáticos abordam o modelo atômico de Dalton em seus aspectos históricos e argumentativos e, assim, em diálogo com a literatura especializada, encontrar respostas plausíveis para a nossa questão de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARCHILA, P. Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation: A Teaching–Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen. **Science & Education**, n. 24, p. 1201-1226, 2015.
- BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Students' framings and their participation in scientific argumentation. *In*: KHINE, M. S. (ed.). **Perspectives on scientific argumentation: Theory, practice and research**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 73-93.
- CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P. dos; CARNEIRO, M. H. da S. History of Science on atomic models in Chemistry textbooks and Science conceptions. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, 2014.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science & Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.
- FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. de A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, n. 21, p. 657-682, 2012.
- GATTO, M. A.; SUART JÚNIOR, J. B.; STANZANI, E. D. L. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **ACTIO Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 366-400, 2017.
- HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy. **Science & Education**, v. 20, n. 3, p. 293-316, mar. 2011.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science & Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.
- KUHN, D. **The skills of argument**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MELO, M. R.; LIMA-NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, 2013.

OSBORNE, J.; SIMON, S.; ERDURAN, S. TAPing into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. **Science & Education**, v. 6, n. 88, p. 915-933, 2004.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. Promovendo a Argumentação no Ensino Superior de Química. **Química Nova na Escola**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

ROCHA, G. R. **A história do atomismo**: a construção e a desconstrução de uma imagem sintático-semântica do conhecimento científico. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, N. G. Bons Argumentos no Direito Penal. **Revista Direito e Liberdade**, v. 14, n. 1, p. 199-217, jan./jun. 2012.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I.; FREIRE, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A research synthesis of didactic interventions. **Science & Education**, 2009.

TEIXEIRA, E. S. **Argumentação e Abordagem Contextual no Ensino de Física**. 2010. 148 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia - Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2010.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O.; GRECA, I. M. R. La Enseñanza de la Gravitación Universal de Newton Orientada por la Historia y la Filosofía de la Ciencia: Una Propuesta Didáctica con un Enfoque en la Argumentación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 33, p. 205-223, 2015.

TEIXEIRA, E. S. *et al.* A Construção de uma Argumentação sobre a Síntese Newtoniana a partir de Atividades em Grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 61-95, 2010.

TOULMIN, S. **Os Usos do Argumento**. Tradução Reinaldo Guarany. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

2 UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS PROPOSTAS DIDÁTICAS SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON NA EDUCAÇÃO BÁSICA

RESUMO

Nesta revisão sistemática, realizamos uma análise da literatura sobre o ensino do modelo atômico de Dalton na Educação Básica. Buscando responder como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na Educação Básica e quais os sucessos e as limitações dessas propostas. Buscamos por artigos do ERIC (*Education Resources Information Center: base de dados de artigos científicos da Educação*) e em sites de revistas educacionais que não são contempladas no ERIC, mas que são revistas brasileiras importantes em Ensino de Ciências pois possuem classificações A e B no Qualis, um grau expressivo de publicações e uma notável quantidade de acessos. Após a pré-análise dos artigos selecionados para essa revisão, a exploração do material, o tratamento dos resultados obtidos e sua interpretação, definimos cinco categorias de análises, a saber: emprego de argumentação; emprego de experimentação; emprego de história da ciência; emprego de jogos didáticos; emprego de resolução de problemas e tempestade de ideias. Concluímos que as estratégias de ensino mais utilizadas para o ensino do modelo de Dalton se baseiam no emprego da história da ciência e da argumentação. Porém, de modo limitado, tal que, ainda carecem de mais estudos. As pesquisas se concentram no nível médio de ensino, a produção dos dados dessas pesquisas empregou diferentes estratégias de ensino e recursos didáticos. As investigações que empregaram estratégias baseadas na história da ciência e/ou da argumentação apresentaram sucessos, mas, deixaram a desejar justificativas mais explícitas para os resultados e conclusões apresentados. Portanto, faz-se necessários mais investigação acerca das contribuições da história da ciência e/ou da argumentação no ensino do modelo atômico de Dalton na Educação básica.

Palavras-chave: Revisão Sistemática. Modelo atômico de Dalton. Educação Básica.

2.1 INTRODUÇÃO

Um dos conceitos que pode ser considerado fundamental para a Química é o conceito de átomo (PEREIRA; SILVA, 2018). No Ensino dessa disciplina, o modelo atômico de Dalton é de grande importância (GATTO; SUART JÚNIOR; STANZANI, 2017). Vale salientar que o atomismo era empregado por outros antes de Dalton, de modo que suas ideias não podem ser tomadas como iniciais. Contudo, o modelo atômico de Dalton (MAD) pode ser considerado como o marco a partir do qual o atomismo se desenvolveu na Química ao longo do século XIX (ROCHA, 2006).

A principal contribuição de Dalton para a ciência foi a sua teoria atômica, que se diferenciou das outras teorias sobre a constituição da matéria. Dalton desenvolveu uma teoria que permitia realizar cálculos quantitativos. Em 1808, com a publicação do *New System of Chemical Philosophy*, Dalton estabeleceu uma relação entre a massa dos elementos químicos e seus átomos, afirmando que átomos iguais possuem a mesma massa. Ele também demonstrou que átomos diferentes podem se combinar em proporções numéricas simples para formar compostos. Sendo assim, Dalton foi o primeiro investigador a relacionar o atomismo a aspectos quantitativos da matéria a partir de uma aplicação sistemática e eficaz (ROCHA, 2006).

Após a determinação confiável dos pesos atômicos e a diferenciação entre átomos e moléculas, um processo que demorou décadas, o conceito de átomo passou a ser um dos fundamentos para a química (FILGUEIRAS, 2004). Em vista disso, é fundamental para os estudantes entender os conceitos envolvidos no MAD, pois sua contribuição foi essencial para o desenvolvimento da química.

O conceito de átomo é utilizado desde a antiguidade, mas eram investigações abstratas. Diante das indagações ontológicas dos gregos, surge a ideia de átomo. Esta ideia se destaca diante de múltiplos modos para responder, o ser das coisas, o princípio gerador de tudo. Entretanto, somente a partir do século XVIII, com o desenvolvimento da química experimental, o atomismo encontrou novos adeptos. O atomismo científico começa a se desenvolver no século XIX. Com o conjunto de leis quantitativas de Lavoisier, Proust, Dalton, Richter, etc. Foi possível a reformulação corpuscular da matéria. Dalton tinha estudado as ideias atômicas de Newton e fez a primeira aplicação do atomismo a observações quantitativas (ROCHA, 2007). Com a teoria de Dalton, foi possível aplicar nas atividades práticas, conceitos teóricos (FILGUEIRAS, 2004). Portanto, ao longo do século XIX, o desenvolvimento da Química, deveu muito ao modelo atômico de Dalton.

Ao iniciar os estudos em Química, os estudantes demonstram dificuldades em compreender o mundo submicroscópico. Como o conceito de átomo não está presente no mundo macroscópico dos adolescentes, sua compreensão exige um grau de abstração que a maioria dos alunos ainda não desenvolveu (CARMONA, 2006; CAVICCHIOLI; ROCHA, 2005; MARCONDES; CARMO, 2009). Estudos indicam que os estudantes desse nível escolar trazem concepções diferentes das ideias científicas sobre a estrutura da matéria (MORTIMER, 1995; SANTANA; SARMENTO; WARTHA, 2011).

Geralmente, o ensino de átomo é feito vagamente na Educação Básica, visto se baseia em livros didáticos que fazem uma abordagem inadequada do tema (CARMONA, 2006; GATTO; SUART JÚNIOR; STANZANI, 2017). Desse modo, os alunos adquirem uma visão de que o átomo é uma descoberta, mas o conceito de átomo foi construído (MELO; LIMA-NETO, 2013).

O modelo atômico de Dalton é muito relevante no ensino de química, uma vez que seus estudos conduziram para aspectos quantitativos da constituição atômica da matéria. Nesta perspectiva, achamos importante realizar uma revisão sistemática sobre o ensino do modelo atômico de Dalton na educação básica.

Uma revisão sistemática realiza uma seleção com rigor científico e transparência de textos sobre um tema em questão (FARIAS; FARIAS; RAMOS, 2014). Uma pergunta bem formulada pode desenvolver uma revisão sistemática, e este estudo possibilita identificar, avaliar e criticar pesquisas relevantes por meio de métodos sistemáticos, que são procedimentos explícitos e cuidadosos, definidos previamente para que a análise seja eficiente e os resultados completos (FARIAS; FARIAS; RAMOS, 2014; PRISMA, 2015).

O objetivo desta revisão é analisar a literatura acerca das propostas de ensino do modelo atômico de Dalton na Educação Básica. Buscamos informações relevantes e confiáveis sobre o ensino desse modelo com o intuito de aprofundar nosso entendimento sobre o assunto.

Para orientar esta revisão, desenvolvemos as seguintes perguntas:

- 1) Como o Modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na Educação Básica?
- 2) Quais os sucessos e as limitações dessas propostas?

2.2 METODOLOGIA PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS

Realizamos nossa revisão inspirados no Protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (MOHER *et al.*, 2015) e nas revisões de Teixeira, Greca e Freire (2012a, 2012b). A nossa revisão foi feita em sete etapas, a saber: (i) escolha do tema; (ii) construção das perguntas de pesquisa; (iii) busca dos artigos; (iv) escolha dos artigos; (v) aplicação dos critérios de exclusão; (vi) organização e resumo dos artigos; e, (vii) análise dos resultados.

Buscamos por artigos no *Education Resources Information Center* (ERIC) base de dados de artigos científicos, que é considerada a maior base de dados internacional sobre pesquisa em Educação. Realizamos buscas na Scielo, plataforma eletrônica e cooperativa de periódicos científicos considerada a maior base de dados da América Latina. Consideramos essas plataformas importantes devido ao acesso que oferecem a pesquisas acadêmicas, revisão por pares rigorosa, credibilidade e reputação consolidadas, adoção do modelo de acesso aberto, indexação em bases de dados e visibilidade. Essas plataformas fornecem conteúdo de alta qualidade e contribuem para a disseminação ampla do conhecimento científico, possibilitando o avanço das pesquisas e a colaboração entre estudantes, pesquisadores e profissionais em diversas áreas. Também fizemos busca direta nos sites de revistas educacionais que não são contempladas no ERIC, mas que são revistas brasileiras importantes em Ensino de Ciências devido ao seu significativo impacto na comunidade de pesquisa nesta área de conhecimento. Essas revistas possuem classificações A e B no Qualis, referente a avaliação quadrienal de 2017 a 2020, um grau expressivo de publicações e uma notável quantidade de acessos.

Revistas educacionais em que fizemos busca direta: 1: Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas. 2: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF). 3: Ciência & Educação (C&E). 4: Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista. 5: Enseñanza de las Ciencias.¹ 6: Experiências em Ensino de Ciências. 7: Investigações em Ensino de Ciências (IENCI). 8: Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC). 9: Química Nova (QN). 10: Química Nova na Escola (QNEsc). 11: Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. 12: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 13: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). 14: Revista Currículo e Docência. 15: Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM).

A busca dos artigos foi limitada entre o período de 2012 e 2022 (ano em que foi concluída a coleta das fontes para esta revisão). A delimitação do período dos últimos dez anos é justificada porque queremos traçar um panorama geral e recente de como o ensino do modelo

¹ A revista espanhola **Enseñanza de las Ciencias** foi incluída por ser bem-conceituada no Brasil. A revista *Enseñanza de las Ciencias* é amplamente reconhecida no país devido à sua abordagem rigorosa em relação à metodologia e fundamentação científica na seleção de trabalhos. Além disso, a revista adota o modelo de acesso aberto, permitindo que seus conteúdos sejam lidos sem restrições.

atômico de Dalton tem sido proposto no Ensino de Ciências. A busca final dos trabalhos foi realizada em 16 de setembro de 2022.

Antes de iniciar a revisão, realizamos buscas preliminares na literatura sobre o tema. Esta leitura preliminar nos permitiu identificar a existência de problemas nas formas sobre como o ensino do MAD tem sido realizado de modo geral, tais como uma fragmentação deste ensino em relação aos aspectos históricos e argumentativos, o que nos levou a definir as perguntas da revisão. Estamos considerando aspectos argumentativos qualquer conclusão que seja amparada por justificativas e dados destacando como o conceito foi elaborado pelo cientista, justificando ações e conclusões que tenha chegado. As palavras-chave utilizadas no sistema de busca da base de dados e das revistas foram escolhidas em função do objetivo da revisão. Recomenda-se, na escolha das palavras-chave, preferir palavras simples que estejam relacionadas com as perguntas de revisão. O importante é certificar-se da importância de cada palavra escolhida e sua implicação na pesquisa (PEREIRA; GALVÃO, 2014). Como procuramos por artigos relacionados ao ensino do MAD, utilizamos como palavras-chave no ERIC: John Dalton's atomic theory; Dalton's atomic theory; Dalton's model history; teaching the atomic model of Dalton. Nas revistas brasileiras, buscamos por: Modelo Atômico de Dalton; átomo de Dalton; ensino do modelo atômico de Dalton. Na revista *Enseñanza de las Ciencias*, buscamos pelos mesmos termos em espanhol.

Foram identificados 142 artigos na base do ERIC e mais 69 diretamente nas revistas, o que gerou um total de 211 artigos. Para a seleção dos artigos, inicialmente foi feita uma leitura prévia dos títulos e quando necessário dos resumos dos 211 artigos encontrados. Em alguns casos, quando isso não era suficiente, foi feita uma leitura geral dos artigos para verificar se se atendia aos objetivos da revisão. Como o nosso interesse era analisar como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na educação básica e identificar quais as lacunas e potencialidades existentes no ensino desse modelo nesse nível de ensino, submetemos o material aos critérios de exclusão: (i) artigos com proposta de intervenções didáticas apenas no ensino superior sem nenhuma aplicação na educação básica; (ii) artigos de intervenções didáticas que não tratam do modelo de átomo, mas do ensino de Ciências em geral e (iii) artigos direcionados aos modelos atômicos mais atuais sem citar o modelo atômico de Dalton. Aplicados os critérios de exclusão, restaram 07 artigos. Para a caracterização geral e análise dos artigos, foram feitas várias leituras na íntegra de todos os 7 artigos. O processo de análise que foi feito independentemente pelos autores e depois as diferenças de interpretação em

relação a caracterização geral dos artigos foram dirimidas em reunião conjunta até se chegar a um consenso.

2.3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ARTIGOS

Para organizar os 07 artigos, fizemos uma caracterização geral (país, revista, ano, autores e título) e renomeamos os trabalhos utilizando os números de 1 a 07, em ordem crescente de ano de publicação.

Quadro 2 – Caracterização geral dos artigos.

Nº	País	Revista	Ano	Autor (es)	Título
1	Estados Unidos	Science Teacher	2016	Jennifer Askew; Ron Gray.	Settling the Score: Exploring the historic debate over atomic bonding.
2	Brasil	ACTIO: Docência em Ciências	2018	Luana Carol de Camargo; Sara de Simas Asquel; Brenno Ralf Maciel Oliveira.	Problematizando o ensino de modelos atômicos: estudo das representações e o uso de um jogo didático.
3	México	International Journal of Education and Research	2019	Emanuel Salazar R ; Adolfo Eduardo Obaya Valdivia; Lucila Giammatteo; Yolanda Vargas Rodríguez.	Evaluating a didactic strategy to promote atomic models learning in High School students through Hake´s method.
4	Brasil	Experiências em Ensino de Ciências	2020	Alexandra Geronimo Lopes de Souza; Sheila Pressentin Cardoso.	Uma abordagem lúdica para trabalhar teoria atômica no ensino fundamental.
5	Brasil	Revista Currículo e Docência	2020	Taís de Oliveira Silva; Karla Kilma Correia; Camilla Maria dos Santos.	Argumentação no Ensino de Química: Construção sobre o Conceito de Modelos Atômicos.
6	Brasil	Química Nova na Escola	2021	Tatiana Costa Ramos; Paula Cristina Cardoso Mendonça; Nilmara Braga Mozzer.	Interações Argumentativas no Ensino de Química a partir de um texto histórico.
7	Brasil	Revista Debates em Ensino de Química	2021	Giovanni Miraveti Carriello; Guilherme Manassés Pegoraro; Jonata Rodrigues Dias Batista; Jorge Fernandes Filho; João Batista dos Santos Junior.	Uma estratégia para o ensino de modelos atômicos baseada nos três momentos pedagógicos.

Para responder às perguntas que fundamentam esta revisão sistemática, fizemos uma análise de conteúdo destacando dos artigos os objetivos, estratégia(s) de ensino, nível/série/participantes/duração, recursos, sucessos e limitações.

Quadro 3 – Aspectos abordados no estudo dos artigos.

Nº	OBJETIVO(S)	ESTRATÉGIA(S) DE ENSINO	NÍVEL / SÉRIE / PARTICIPANTES/ DURAÇÃO	RECURSOS	SUCESSOS	LIMITAÇÕES
1	Explorar o debate histórico entre Gay-Lussac e Dalton sobre a solução de Avogadro e a ligação atômica para propiciar aos alunos o entendimento da contribuição destes cientistas no desenvolvimento da química moderna.	História da Ciência, estudo de caso, leitura, apresentação dos pôsteres.	Duas aulas.	Caso histórico. Carta fictícia.	O interesse dos alunos pela história da ciência aumentou.	Os autores não destacam limitações do estudo.
2	Discutir sobre o ensino de modelos atômicos no ensino médio a partir do uso de diversificados recursos didáticos, buscando superar algumas das dificuldades atreladas ao processo ensino-aprendizagem deste conteúdo.	Trabalho em grupo, resolução de exercícios.	Ensino Médio / Primeiro ano/ 22 alunos em uma escola estadual de Joinville.	Modelos, analogias e um jogo didático.	O uso das representações e modelos, bem como o jogo didático, se mostraram eficazes no processo de ensino-aprendizagem, permitindo ao aluno reelaborar sua maneira de	O uso de representação mental, desenho, modelos e analogias deve ser feito de forma crítica porque é um modo de representação de algo que não se vê. Por isso, o uso desses recursos deve ser feito com

					pensar e construir novos conhecimentos.	bastante cautela e amparado por uma reflexão consciente.
3	Projetar e implementar uma estratégia didática para o ensino de modelos atômicos em Química para alunos do primeiro ano do Ensino Médio para auxiliá-los em seu processo de aprendizagem. facilitar a aprendizagem de conceitos, habilidades, atitudes e valores.	Resolução de problemas e tempestade de ideias.	Ensino médio/ Primeiro ano/ 5 sessões.	Etiquetas adesivas, marcadores, projetor, computador, questionário impresso, caixas de papelão com diferentes objetos dentro, tabuleiros, livro didático, gráficos.	Os alunos ficaram curiosos e criativos, o que os auxiliou em seu processo de aprendizagem.	Alguns professores podem ter dificuldade para usar o software, o que pode dificultar o desenvolvimento das atividades.
4	Analisar a contribuição de uma sequência didática planejada para a aprendizagem de conteúdos sobre teoria atômica.	Leitura, debate, montagem de um jogo de quebra-cabeça.	Ensino fundamental/ Nono ano/8 aulas de 50 min.	Jogo, vídeo e texto literário.	As atividades desenvolvidas instigaram a curiosidade dos alunos sobre o tema, estimulando a participação na aula.	Dificuldade dos estudantes de entender o vídeo como um recurso educacional.
5	Avaliar o potencial da argumentação como estratégia didática que vise construir e reformular os conceitos químicos sobre os modelos atômicos.	Dinâmica Leitura de texto. Socialização das ideias Argumentação.	Ensino Médio/1º ano /Vinte e sete discentes e quatro pesquisadores em uma turma/ 4 aulas.	Texto, A SD ocorreu em dois momentos. Primeiro momento: dinâmica e leitura. Segundo momento: Socialização das ideias.	Verificou-se que a argumentação é uma estratégia de ensino potencial para o alcance da construção e reformulação de conceitos no estudo dos modelos atômicos.	Não houve um instrumento de análise posterior ao debate acerca do conhecimento individual. Essa ausência se deu em virtude do tempo de pesquisa e disponibilidade do professor da turma que

						precisava dar continuidade aos seus planejamentos.
6	Analisar como um texto histórico sobre a teoria das misturas gasosas proposta por Dalton auxiliou os estudantes de Química no envolvimento em interações argumentativas.	Argumentação e História da Ciência.	Ensino médio/ Primeiro ano/ Uma aula de 50 min.	Texto histórico.	Um texto histórico contextualizado foi relevante para favorecer a autonomia dos estudantes para expor ideias na interação argumentativa.	Os autores não destacam limitações do estudo.
7	Desenvolver uma estratégia de ensino para os M.A. que favorecesse ao aluno o desenvolvimento de um modelo explicativo para a compreensão da estrutura da matéria e que, concomitantemente, lhe permitisse compreender como evoluem os modelos científicos propostos pela Ciência.	Experimentação, discussão, síntese das ideias, problematização e simulação.	Ensino Médio / Segundo ano.	Simulação, experimento, problema, laboratório didático, computador, projetor, alguns reagentes.	Ensinar modelos atômicos baseado nos três momentos pedagógicos permitem ao professor desenvolver junto aos alunos o raciocínio necessário para compreender tais modelo.	Os recursos utilizados podem ser escassos em algumas escolas.

2.4 ANÁLISES DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

2.4.1 Artigo 1

O artigo 1 teve como objetivo explorar o debate histórico entre Dalton e Gay Lussac. A investigação foi feita em apenas dois dias, os alunos foram divididos em grupos pequenos e os estudos de casos, com o resumo dos principais argumentos apresentados por cada cientista, foram distribuídos, houve indagação do docente para avaliar a compreensão dos alunos sobre esses estudos de casos; após a leitura, os alunos criaram pôsteres e apresentaram para a turma destacando os argumentos dos dois cientistas. Na aula posterior, resolveram uma atividade sobre o estudo de caso, ilustraram suas ideias e compartilharam com a turma. Para concluir o estudo, pediu-se aos alunos que criassem uma carta fictícia de Avogadro para Dalton e Gay-Lussac. De acordo com os pesquisadores, o uso de estudos de caso históricos pode ajudar os alunos a entender como a ciência realmente funciona. Contudo, não foi possível identificar o fundamento didático teórico que utilizaram. Na apresentação dos resultados, apresentaram apenas um exemplo de pôster feito pelos alunos sem citar como a análise foi feita. A turma em que o estudo foi feito não foi citada, o estudo de caso não é apresentado no artigo e nem um modelo de carta fictícia que foi feita pelos discentes, talvez, por causa do tamanho do artigo. Os autores destacaram que o interesse dos alunos pela história da ciência aumentou. Não apresentaram as limitações do estudo.

2.4.2 Artigo 2

O artigo 2 discutiu o ensino de modelos atômicos no ensino médio a partir do uso de diversificados recursos didáticos, com o objetivo de superar algumas das dificuldades atreladas ao processo ensino-aprendizagem deste conteúdo. Para isso, planejou-se uma sequência de aulas para alunos da primeira série do ensino médio em que se explorou o uso de representações mentais, modelos e um jogo didático. O estudo foi feito em três aulas, a primeira foi expositiva e dialogada sobre modelos atômicos, a segunda aula foi organizada em grupos e aplicou-se um jogo elaborado pelas pesquisadoras denominado Quiz Atômico (um jogo de perguntas e respostas em diferentes níveis). Na terceira aula, os alunos responderam a um questionário

sobre os modelos atômicos e sobre a influência da proposta didática na compreensão do conteúdo químico de modelos atômicos. Os pesquisadores afirmam que as representações mentais foram exploradas e discutidas quando os alunos fizeram desenhos sobre os modelos atômicos, que o uso de modelos auxiliou diretamente na (re)construção da compreensão acerca de cada modelo atômico estudado. Afirmam também que com os jogos didáticos os conceitos foram aprendidos corretamente. Contudo, as conclusões apresentadas não têm dados suficientes para sustentá-las, os únicos dados apresentados são pequenos recortes da atividade respondida pelos alunos na última aula. Consequentemente, não é concebível validar os resultados. Fica difícil avaliar se a proposta auxiliou diretamente na reconstrução da compreensão dos modelos atômicos se os dados apresentados são insuficientes.

2.4.3 Artigo 3

O artigo 3 teve como objetivo projetar e implementar uma estratégia didática para o ensino de modelos atômicos em Química para alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Foi feito um pré-teste para avaliar os conhecimentos conceituais dos alunos. Após o pré-teste foi aplicada uma sequência didática dividida em introdução, desenvolvimento e conclusão. Com a finalização dessa sequência, o pós-teste foi realizado. Utilizaram questionários, tempestade de ideias, livro didático, construção de infográfico e apresentação em equipes. O estudo foi fundamentado nos modelos no ensino de química, e foi possível visualizar apenas na introdução da sequência didática a exploração de modelos, com o objetivo de que o estudante aprendesse a e identificasse o conceito de modelo, bem como sua relevância na ciência, transformando as informações prestadas pelo professor em conhecimento. Nesta etapa, cada grupo apresentou um conceito de modelo e forneceu exemplos de modelos de vida diária. Os autores concluíram que, após a estratégia didática, os alunos ficaram curiosos e criativos. Afirmaram que, essas atitudes auxiliaram os alunos em seu processo de aprendizagem. Porém não deixaram claro como a teoria sobre modelos os ajudou a chegar a essa conclusão. Além disso, na metodologia, mostraram que os dados foram analisados pelo fator de Hake², apenas analisando a quantidade

² O fator de Hake é a razão entre o ganho apurado pelo aluno e o ganho máximo com base em duas avaliações idênticas, uma antes da apresentação dos conceitos outra após. É calculado: $\text{Ganho de Hake} = (\text{Pós teste})\% - (\text{Pré teste})\% / (100\% - (\text{Pré teste})\%)$. (GALHARDI, AZEVEDO, 2013)

de acertos no pré-teste e no pós-teste. Os dados apresentados fornecem suporte à conclusão; no entanto, a consistência dos resultados pode ser considerada mais frágil. Isso ocorre porque quando se compara os resultados de um pré-teste com um pós-teste realizado imediatamente após a sequência didática, é comum os resultados serem positivos visto que o assunto foi recém-discutido na sala de aula.

2.4.4 Artigo 4

O artigo examinou a eficácia de uma sequência didática projetada para o ensino de conteúdos relacionados à teoria atômica. A intervenção ocorreu em turmas do nono ano do ensino fundamental e foi dividida em três etapas. A segunda etapa abordou especificamente o modelo de Dalton, utilizando um vídeo disponível no Youtube como recurso metodológico. Após a exibição do vídeo, os alunos participaram de um debate em grupo e criaram cartazes para ilustrar as ideias discutidas. Os pesquisadores justificaram as atividades com base nas sequências didáticas de Zabala (2010). Embora as pesquisadoras tivessem observado que alguns alunos encararam o vídeo como entretenimento, elas concluíram que seu uso foi motivador e ajudou na apresentação lúdica dos modelos atômicos, promovendo a interação entre os alunos. Elas afirmaram que, ao final da sequência didática, os principais conceitos foram compreendidos pelos alunos, mesmo, sendo destacado que alguns cartazes produzidos pelos alunos continham erros conceituais e a ausência de conceitos básicos.

2.4.5 Artigo 5

O artigo 5 avaliou o potencial da argumentação como estratégia didática, com o objetivo de construir e reformular os conceitos químicos sobre os modelos atômicos. O estudo foi feito com gravações em vídeos e áudios por quatro pesquisadores em quatro aulas com vinte e seis discentes da primeira série do ensino médio. A pesquisa foi dividida em dois momentos com duas aulas cada. No primeiro momento, os alunos representaram os modelos atômicos desenhando bolos e pesquisaram informações sobre os modelos atômicos. Após as pesquisas dos alunos, foi entregue um texto base para complementar essas pesquisas e eles foram

orientados a investigar sobre modelos atômicos para discutir, fundamentar e defender o modelo apresentado por cada cientista. No segundo momento, findados os estudos dos grupos, as ideias foram socializadas nas aulas seguintes para explorar limites e fundamentos de cada modelo atômico. O artigo foi fundamentado na perspectiva dialógica proposta por Leitão (2011). A presença da argumentação foi identificada na emergência dos elementos argumentativos: argumento, contra-argumento e resposta propostos por Leitão (2011). Apresentaram no trabalho os argumentos dos estudantes. Concluíram que, para o ensino de modelos atômicos, a argumentação mostrou ser uma estratégia potencial apresentando resultados positivos. O uso da argumentação possibilitou estabelecer relações entre cada modelo, desenvolver conhecimento coletivo, reformular conceitos e expandir o conhecimento químico. Os próprios autores citam como limitação da pesquisa a ausência de um instrumento de análise posterior ao debate acerca do conhecimento individual. Concordamos com os autores, avaliar a argumentação em grupo pode conduzir a resultados destoantes sobre a qualidade da argumentação individual dos alunos devido a alguns estudantes ficarem mais quietos no momento de construção coletiva do argumento dificultando a avaliação individual. Contudo, o objetivo do estudo poderia deixar claro se o foco das análises é a argumentação coletiva ou a argumentação individual para utilizar os instrumentos mais adequados tanto para a coleta de dados como para as análises (MENDONÇA; JUSTI, 2013).

2.4.6 Artigo 6

O artigo 6 investigou a eficácia de um texto histórico sobre a teoria das misturas gasosas propostas por Dalton, com o objetivo de auxiliar estudantes de Química da primeira série do ensino médio no envolvimento em interações argumentativas. Utilizaram a perspectiva de argumentação de Baker (2009). Durante a resolução de um problema no qual a solução foi construída em colaboração entre as pessoas e a aceitabilidade da solução foi diretamente influenciada por informações adicionais. O texto histórico utilizado foi escrito pelas próprias pesquisadoras, com o intuito de aproximar a linguagem científica dos estudantes e de apresentar as informações históricas que elas consideraram centrais. Nessa aula, com base nas informações do texto histórico, os estudantes tiveram que avaliar em grupo os modelos desenvolvidos por Dalton e Thomson. Para essas pesquisadoras, o diálogo e a análise crítica dos estudantes com

as ideias do cientista Dalton favoreceram o processo interativo e a construção de conhecimentos. As investigadoras afirmam que as explicações e os argumentos dos estudantes foram baseados no texto histórico, nas explicações da professora e nas afirmações dos colegas. Todavia não explicitaram quais os conhecimentos desenvolvidos e nem como o texto histórico favoreceu a interação. As conclusões parecem não estarem devidamente justificadas, acreditamos que esta é uma das limitações deste artigo. O trabalho também não apontou resultados referentes à finalidade do uso do texto histórico, não citou resultados relacionados com o objetivo de aproximar os estudantes da linguagem científica, estas ausências aparentam uma incoerência entre o objetivo e os resultados. O tempo da unidade didática utilizada na pesquisa foi de apenas 50 minutos. Embora não haja uma relação direta entre tempo de pesquisa e qualidade dos resultados, um tempo muito curto pode não ser suficiente para uma discussão mais abrangente e para uma melhor apreciação dos resultados

2.4.7 Artigo 7

O artigo 7 desenvolveu uma estratégia de ensino para os modelos atômicos, a fim de favorecer para o aluno o desenvolvimento de um modelo explicativo para a compreensão da estrutura da matéria e que, concomitantemente, lhe permitisse compreender como evoluem os modelos científicos propostos pela Ciência. O estudo foi feito em cinco aulas, com três turmas do 2º ano do Ensino Médio. Os residentes, estudantes do curso de graduação, que participavam do programa Residência Pedagógica, aplicaram três questionários: antes das atividades, após as cinco aulas e seis meses depois. Utilizaram como fundamento teórico os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (problematização inicial, organização e aplicação do conhecimento). Utilizaram para o ensino do modelo de Dalton a problematização, experimentação e discussão. Não fica claro no artigo como os três momentos pedagógicos estão relacionados com a metodologia. O artigo deixa ausente detalhes de como as estratégias de ensino aconteceram, os dados não foram expostos com clareza, o que dificulta o entendimento do estudo. Os autores afirmaram que as interações dos estudantes entre si influenciaram em novas hipóteses e na reformulação de ideias com fragilidades conceituais. No entanto, não são apresentados dados suficientes para embasar essas conclusões. Os pesquisadores citaram como limitação dessa estratégia de ensino a utilização de um laboratório didático, porque depende da

formação do docente e do ambiente de ensino. Visto que a estratégia requer a utilização de laboratório didático, é preciso, computador, projetor e alguns reagentes. Muitas escolas não possuem estes recursos, além disso alguns docentes não são acostumados a utilizar recursos tecnológicos.

2.5 ANÁLISE CONJUNTA DOS ARTIGOS

2.5.1 Estratégia de ensino

Para o ensino especificamente do modelo atômico de Dalton, analisando os artigos, encontramos cinco estratégias de ensino. Após a pré-análise, a exploração do material, o tratamento dos resultados obtidos e interpretação de acordo com as perguntas que embasaram esta revisão, as estratégias de ensino tornaram-se categorias de análises, especificamente: emprego de argumentação, emprego de experimentação, emprego de história da ciência, emprego de jogos didáticos, emprego de resolução de problemas e tempestade de ideias. O artigo 6 foi classificado em duas categorias pois utilizou duas estratégias de ensino distintas.

Tabela 1 – Estratégias de ensino dos artigos da revisão.

ESTRATÉGIA DE ENSINO	QUANTIDADE DE ARTIGOS
ARGUMENTAÇÃO	2
EXPERIMENTAÇÃO E SIMULAÇÃO	1
HISTÓRIA DA CIÊNCIA	2
JOGO DIDÁTICO	2
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E TEMPESTADE DE IDEIAS	1

Fonte: os autores (2021-2022).

2.5.1.1 Emprego de argumentação

Nesta categoria, encontramos dois artigos (artigo 5 e artigo 6). No que se refere aos objetivos desses estudos, ambos focam na argumentação dos estudantes. O artigo 5 avalia o

potencial da argumentação e o artigo 6 analisa o envolvimento de estudantes em interações argumentativas.

Concordamos com o argumento de Driver, Newton e Osborne (2000) que propostas de ensino que utilizam argumentação são significativas, pois, ao promover a argumentação na sala de aula de ciências, os estudantes vivenciam situações argumentativas que podem proporcionar melhor entendimento de conceitos científicos.

Como os dois artigos trabalharam com a argumentação na perspectiva dialógica, com interações discursivas na sala de aula, as atividades que foram desenvolvidas com os estudantes, nos dois estudos foram em grupos. Ambos trabalharam com textos para incentivar a argumentação. No estudo 5, o texto utilizado serviu para complementar as ideias dos estudantes; já no estudo 6, o texto foi a principal fonte de dados para o desenvolvimento da argumentação.

As duas pesquisas adotaram princípios teóricos metodológicos da pesquisa qualitativa. Por serem pesquisas qualitativas descritivas, para produzirem os dados, utilizaram vídeos, transcrição de vídeos, descrição de situações vivenciadas na sala de aula.

Observamos que os artigos usufruíram de pouco tempo para o desenvolvimento da argumentação na sala de aula e não utilizaram instrumentos para avaliar a qualidade da argumentação dos estudantes.

Pesquisadores precisam detalhar os métodos analíticos para avaliar a qualidade da argumentação pois facilita a comunicação e a comparação com pesquisas da área. É preciso questionar qual a relação entre a definição de qualidade da argumentação e suas implicações para o ensino de ciências (CLARK *et al.*, 2007).

2.5.1.2 Emprego de experimentação

No ensino de Química, a experimentação pode contribuir na construção de conceitos (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010). A utilização de atividade experimental possibilita aos alunos observação de fenômenos, fomenta o interesse dos estudantes e pode possibilitar uma compreensão melhor da natureza da ciência (BLOSSER, 1988). Com as atividades experimentais, os alunos podem se envolver no processo de construção do conhecimento conectando conceitos apresentados em materiais didáticos e na sala de aula com investigações realizadas na atividade prática (HOFSTEIN; LUNETTA, 2003).

Apenas um artigo desta revisão encontra-se nesta categoria. O objetivo do artigo é desenvolver uma estratégia de ensino para os modelos atômicos, a fim de promover a compreensão da estrutura da matéria e de como os modelos científicos são estabelecidos. Esta investigação foi feita em três turmas da segunda série do ensino médio. O conteúdo havia tido sido apresentado pela docente da turma aos estudantes no ano anterior, na primeira série do ensino médio. A proposta de ensino foi desenvolvida na segunda série com o intuito de revisão.

As aulas desse estudo foram organizadas com base nos três momentos pedagógicos de Delizoicov (problematização inicial, organização do conhecimento, aplicação do conhecimento). A estratégia empregada para o ensino do modelo de Dalton foi problematização (antes da investigação os alunos responderam um questionário), experimentação (atividade experimental em grupo sobre conservação das massas) e discussão (apresentação e debate das ideias de Dalton). Após a experimentação, houve simulação do modelo atômico de Rutherford e comparação deste modelo com o modelo de Dalton. Os pesquisadores observaram que a estratégia desenvolvida envolveu os estudantes nas atividades propostas. Segundo eles, a interação dos estudantes foi relevante para a reformulação de conceitos. Os investigadores consideraram a estratégia de ensino utilizada eficiente para o ensino dos modelos atômicos, pois foi possível construir conceitos de forma mais dinâmica. No entanto, apenas recortes de algumas questões foram apresentados no estudo. Sentimos falta de trechos da discussão realizada oralmente sobre o MAD.

2.5.1.3 Emprego de história da ciência

Muitos autores e os documentos oficiais indicam o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012; MATTHEWS, 1995; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012a). O uso da história da ciência no ensino pode contribuir para apresentar uma ciência antidogmática, dinâmica e em construção (DELIZOICOV, 2012). Conforme a literatura (MATTHEWS, 1995; SILVA, 2022; SILVA, TEIXEIRA, PENIDO, 2018; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2012a; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2012b), parece ser uma forma de promover uma visão mais crítica sobre a ciência aos estudantes.

Mas, pesquisas apontam alguns obstáculos e desafios do uso da História da Ciência no ensino, entre os quais, pode-se destacar, a pseudo-história (FORATO, 2012). A pseudo-história é uma narração que se apresenta como histórica, mas não se baseia em fontes confiáveis (FORATO, 2013).

No ensino de química, é muito comum educadores utilizarem a história da ciência para explicar os modelos atômicos, uma vez que diferentes modelos de átomos de diferentes períodos são discutidos na explanação deste conteúdo. O uso didático da história das ciências objetiva um ensino mais reflexivo e crítico aproximando os estudantes dos conteúdos, diminuindo a memorização e aumentando a significação dos conteúdos (SILVA, 2022; SILVA, TEIXEIRA, 2018). Contudo, muitas vezes, a história utilizada para discussão deste conteúdo é a história cronológica, passando assim para os estudantes uma concepção linear acerca do desenvolvimento da ciência, não destacando os problemas que deram origem aos conceitos. Apesar dos trabalhos que utilizam a história da ciência como estratégia de ensino terem crescido nas últimas décadas, o uso da história da ciência no ensino de ciências ainda carece de estudos (TEIXEIRA; GRECA; FREIRE JÚNIOR, 2012a).

Dois artigos desta revisão (1 e 6) abordam o uso de estudos de caso históricos no ensino de ciências. No estudo 1, os pesquisadores exploraram o debate histórico entre Dalton e Gay Lussac, argumentando que o estudo de casos pode auxiliar os alunos na compreensão de conceitos abstratos e complexos. Utilizando uma abordagem histórico-investigativa, os alunos foram expostos a estudos de caso, participaram de discussões e refletiram sobre as ideias apresentadas. Os autores defenderam a utilização da história da ciência como uma forma de ajudar os alunos a entender como a ciência funciona na prática. Embora o artigo não forneça uma análise detalhada dos resultados da pesquisa, observou-se um aumento do interesse dos estudantes pela história dos conceitos químicos estudados (BATISTA; SILVA, 2018).

O estudo 6 utilizou história da ciência e argumentação. Os autores analisaram como um texto histórico sobre a teoria das misturas gasosas proposta por Dalton poderia auxiliar no desenvolvimento de interações argumentativas. Para a construção do texto histórico, o recurso utilizado foi o caso histórico. Os autores entendem como estudo de caso, casos de situações de controvérsias e disputas na história da ciência, diálogos entre os cientistas, as críticas que ocorreram na época. Defenderam que os estudantes conseguiram dialogar com o cientista Dalton, pois analisaram as ideias criticamente.

Acreditamos que ao conhecer os fundamentos do pensamento científico os estudantes podem desenvolver uma perspectiva mais ampla da ciência e da construção do conhecimento científico (JUSTI; MENDONÇA, 2016). É presumível que os estudantes tenham compreensão de como os conceitos foram desenvolvidos, compreendendo as ideias e os questionamento levantados pelos cientistas considerando o contexto em que viviam (MENDONÇA, 2020).

Os autores concluíram que o texto histórico foi uma ferramenta epistêmica para o desenvolvimento da argumentação. Zemplén (2011) defende que a história da ciência é capaz de auxiliar no desenvolvimento da argumentação, o uso de casos históricos na sala de aula pode incentivar os alunos a defenderem posições, a argumentarem. Acreditamos que casos históricos parecem ideias para o desenvolvimento de habilidades argumentativas.

Durante a leitura do estudo de caso, os alunos foram questionados sobre as ideias dos cientistas pela professora. Professores podem intervir nas discussões, incentivar os estudantes a participarem das interações, relacionando a fala dos alunos, resgatando conceitos, conduzindo as discussões para alcançar o objetivo estabelecido (CAPECCHI; CARVALHO, 2016). Contudo, os autores apenas descreveram as referências e o intuito do texto histórico. Além disso, exibiram diálogos realizados na sala de aula, mas como estes diálogos foram analisados não é explicado para o leitor o que pode dificultar o entendimento das conclusões.

Os artigos desta categoria (artigo 1 e artigo 6) realizaram atividades em grupos. Ambos possuem características da pesquisa qualitativa, os seus objetivos estão baseados em observação e compreensão. Estes artigos analisaram a maioria dos dados a partir das situações vivenciadas na sala de aula.

Verificamos que os artigos não descrevem como analisaram os resultados. As conclusões possuem características positivas, porém alguns dados não são detalhados nem revelam como esses dados foram tratados para chegar a algumas conclusões. Os artigos não são muito rigorosos do ponto de vista metodológico, portanto os resultados não são completamente confiáveis. À vista disso, é necessário se fazer mais trabalhos investigativos tanto teóricos como empíricos rigorosos para se obter resultados mais confiáveis.

2.5.1.4 Emprego de jogos didáticos

Nesta categoria, encontram-se dois artigos (artigo 2 e artigo 4). Os objetivos desses dois artigos são bem parecidos: o artigo 2 tem como objetivo discutir o ensino dos modelos atômicos no nível médio, e o artigo 4 tem como objetivo analisar a contribuição de uma sequência didática para o ensino dos modelos atômicos.

Entendemos que no processo de ensino aprendizagem, os jogos são ferramentas com diversas funções, entre as quais podemos destacar: auxílio para aprendizagem dos alunos, apoio para o professor na construção de conhecimento, diversão, entretenimento (MOREIRA *et al*, 2013). Como o jogo didático tem a função educativa e a função lúdica estas duas funções devem evitar o desequilíbrio, se prevalecer apenas a função lúdica, será apenas um jogo. Caso prevaleça somente a função didática será somente um material didático (SOUZA, 2020).

O estudo 2 foi realizado no ensino médio e o estudo 4 no ensino fundamental. Normalmente, o conteúdo Modelos Atômicos é abordado no ensino médio, na disciplina de química, de modo mais intenso; no ensino fundamental, o conteúdo é apresentado no nono ano na disciplina ciências. Em geral, os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr são os modelos atômicos mais apresentados na educação básica. Nem sempre os alunos conseguem compreender esses modelos visto que possuem alto grau de abstração. Com isso, é indicado que o professor vise maneiras de abordar este conteúdo facilitando o estudo e auxiliando no processo de aprendizagem (SOUZA, 2020).

No estudo 2, o jogo didático, denominado *quiz* atômico, elaborado pelas próprias pesquisadoras, foi um dos recursos utilizados. Além do jogo, utilizaram-se modelos e representações mentais. O jogo foi disputado em grupos, os grupos respondiam perguntas de diferentes níveis. Após a aplicação do jogo, os alunos foram avaliados individualmente em relação aos conhecimentos construídos sobre os modelos atômicos. As pesquisadoras afirmaram que o jogo colaborou para a apropriação de conceitos e interação entre os estudantes. Algumas respostas dos alunos são apresentadas no artigo, porém não é discutido como análise foi feita. Com base nas respostas dos alunos sobre o conteúdo e sobre a aplicação do jogo didático, concluíram que, com o jogo didático, os conceitos foram aprendidos corretamente, mostrando-se uma ferramenta eficaz no processo de ensino-aprendizagem. O jogo didático mostrou-se como um bom instrumento de avaliação, visto que possibilita o acompanhamento da evolução dos estudantes. No entanto, acreditamos que a realização de uma atividade logo após uma interferência na sala de aula não seja tão eficaz para observar os resultados da proposta, uma vez que o fato de os conteúdos terem sido abordados recentemente podem fazer

parte da memória de curto prazo do estudante, não necessariamente implicando em construção do conhecimento.

O estudo 4, assim como o estudo 2, teve recursos didáticos diversificados; além do jogo, houve a utilização de textos e pequenos vídeos. Foi utilizado um jogo de quebra-cabeças denominado “O átomo dos filósofos”, cujo propósito foi proporcionar aos estudantes compreender o desenvolvimento dos conceitos dos modelos atômicos e como esses conceitos se confrontavam. O modelo atômico de Dalton só foi abordado após o jogo no momento que os alunos assistiram ao vídeo intitulado como “História dos modelos atômicos”. Com base no vídeo, os discentes fizeram fichas com informações sobre um modelo atômico determinado. Após assistir ao vídeo, a turma foi dividida em grupos, cada grupo ficou responsável por analisar um modelo com base nas anotações individuais que foram compartilhadas. As informações foram debatidas e sistematizadas para a confecção de um cartaz. Ao avaliar os cartazes, a docente percebeu alguns erros conceituais. As autoras concluíram que a utilização do vídeo favoreceu a socialização entre os alunos. O debate sobre o vídeo foi interessante porque proporcionou aos participantes reorganizar e enriquecer suas ideias.

Os artigos 2 e 4 apresentam características de pesquisa qualitativa, coletam dados a partir da interação dos grupos, e a análise dos resultados são feitas com base nas vivências que tiveram na sala de aula durante a pesquisa.

No artigo 2, não foi apresentada a descrição das perguntas que foram feitas no jogo *quiz* atômico, o que nos impossibilita de fazer uma análise acerca de sua eficácia para cumprir o objetivo designado pelos autores. Como o recurso didático não foi publicado no artigo não se pode analisar se o jogo didático está equilibrado com a função educativa e com a função lúdica. Afirmaram que com o jogo foi possível perceber a compreensão dos conceitos pelos alunos. Esta conclusão é devido à opinião dos alunos sobre a utilização do jogo didático a qual foi obtida por meio de um questionário após a aplicação do jogo. Pensamos que, como o jogo é uma atividade lúdica e foi realizado em grupo, é comum os alunos terem opinião positiva sobre esta estratégia de ensino. Talvez, apenas o questionário com perguntas opinativas do tipo “O jogo ajudou na compreensão do conteúdo? Explique. “Do que você mais gostou nas aulas e do que menos gostou? ”, não seja suficiente para avaliar a eficácia do jogo, uma vez que os alunos, em princípio, não têm condições (competência técnica) de se autoavaliarem sobre sua aprendizagem e, mais ainda, sobre os efeitos do jogo em sua aprendizagem, a menos que estejam envolvidos diretamente em atividades de natureza metacognitiva (JOU; SPERB, 2006),

portanto suas opiniões irão apenas se referir aos efeitos lúdicos do jogo. É preciso que professor e pesquisador usem instrumentos e métodos de análise para avaliar esses efeitos. Já no artigo 4, ficaram ausentes as imagens dos cartazes e da descrição de como a análise de dados foi feita. A ausência dessas informações nos artigos 2 e 4 não nos permitem assegurar que seus resultados possam ser validados.

No artigo 4, ficaram ausentes as imagens dos cartazes e da descrição de como a análise de dados foi feita. A ausência dessas informações nos artigos 2 e 4 não nos permitem assegurar que seus resultados possam ser validados.

2.5.1.5 Emprego de resolução de problemas e tempestade de ideias

Acreditamos que um dos objetivos da Educação Básica é proporcionar, aos discentes, habilidades para a resolução de problemas. Uma aprendizagem independente poderá ser efetiva se o discente se questionar para obter respostas para os problemas. Quando o aluno se acostuma a procurar respostas para os seus questionamentos a aprendizagem transforma-se em autônoma (POZO, 1998).

Apenas o artigo 3, utilizou esta estratégia de ensino. O objetivo desse artigo é planejar e aplicar uma sequência didática sobre os modelos atômicos. Este estudo desenvolveu-se em cinco sessões na primeira série do ensino médio. Anterior à aplicação da sequência foi feito um teste. E após a aplicação da sequência, o teste foi reaplicado. No estudo, os estudantes utilizaram o livro didático para ler sobre os modelos atômicos, construíram, em equipe, infográficos sobre cada modelo. Além disso, fizeram uma tabela comparativa dos modelos atômicos e resolveram questões. Os pesquisadores concluíram que, após a estratégia didática, os alunos ficaram curiosos e criativos, afirmaram que o conhecimento sobre os modelos atômicos foi alcançado. Essas conclusões foram feitas com base nas análises do pré e pós-teste. Como citamos anteriormente, aplicar um pós-teste sucessivamente à realização de algumas atividades para avaliar a qualidade de um estudo talvez não propicie uma boa análise dos resultados, visto que os conceitos foram trabalhados recentemente, portanto, não é possível saber com uma análise imediata se o conhecimento foi construído ou se foi apenas uma rápida memorização.

2.5.2 Nível de ensino

É importante considerar o nível de ensino frente às questões de pesquisa, pois o contexto educacional influencia a forma como o modelo é abordado e compreendido pelos alunos. Cinco dos sete artigos analisados são estudos feitos no ensino médio (2, 3, 5, 6 e 7). Apenas um artigo foi aplicado no ensino fundamental, no qual não é possível identificar em qual turma é aplicado. O modelo atômico de Dalton (MAD), comumente, é estudado no final do ensino fundamental e no início do ensino médio (ROCHA; CAVICCHIOLI, 2005). Entendemos que a maioria das pesquisas são realizadas no ensino médio, porque ao iniciar os estudos em química, estudantes tem dificuldade em reconhecer o mundo microscópico (ROCHA; CAVICCHIOLI, 2005). Entendemos que, estudantes do ensino médio possuem um grau de abstração maior que estudantes do ensino fundamental e, por isso o conteúdo é mais explorado neste nível de ensino.

2.5.3 Recursos utilizados

Três artigos (artigo 4, artigo 5 e artigo 6) utilizam como recurso o texto didático, dois artigos recorrem aos jogos didáticos (artigo 2 e artigo 4), os jogos didáticos, no ensino de química, têm ganhado espaço (CUNHA, 2012). Isto é evidenciado no aumento dos trabalhos envolvendo jogos didáticos que são apresentados em eventos nacionais e regionais (SOARES, 2008). Ainda assim, os jogos são pouco utilizados pelos professores mesmo vários relatos na literatura evidenciando suas vantagens, porque a maioria dos docentes desconhece os benefícios da sua utilização como recurso didático (MONTALVÃO; PASCOTTO, 2020). Somente um artigo utiliza uma carta fictícia como recurso (artigo 1). No artigo 3 o principal recurso é um questionário e o artigo 5 utiliza a leitura e dinâmica como recurso. Apenas o artigo 7 recorre a experimentação e simulação. Mesmo a experimentação sendo uma das linhas mais importantes no ensino de ciências (CARRASCOSA *et al.*, 2006) porque envolve os estudantes de diferentes níveis de escolarização nos conteúdos (GIORDAN, 1999; LISBÔA, 2015). Concordamos com Lisbôa (2015), apesar dos benefícios da experimentação para no ensino de ciências, nas aulas de química a experimentação é mais incomum do que o desejável. Observamos que o texto

didático foi o recurso mais utilizado, talvez porque muitos materiais didáticos textuais abordem superficialmente o modelo atômico de Dalton (MAD).

Observamos que algumas das limitações encontradas podem ser atribuídas à falta de materiais didáticos adequados. Gatto, Suart Júnior e Stanzani (2017) destacam a carência de textos didáticos que facilitem a compreensão desse tema específico. A disponibilidade de materiais didáticos de qualidade e que abordem de forma clara e acessível o modelo atômico de Dalton é essencial para auxiliar os professores no ensino e os alunos na aprendizagem desse conteúdo. Portanto, é importante que mais textos didáticos sejam desenvolvidos e disponibilizados, a fim de suprir essa demanda e contribuir para um ensino mais eficaz e melhor compreensão do modelo atômico de Dalton.

2.6 CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES

Esta revisão buscou entender como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na educação básica e quais os sucessos e as limitações dessas propostas. Conforme a análise realizada, percebemos que o ensino do modelo de Dalton tem sido proposto e realizado com diferentes estratégias. Entretanto, pouquíssimos estudos abordam exclusivamente o modelo atômico de Dalton. A maioria dos estudos aborda simultaneamente os principais modelos atômicos, o de Dalton, o de Thomson, o de Rutherford e alguns o modelo de Bohr.

Conforme a análise realizada, identificamos cinco estratégias de ensino, a saber: argumentação, experimentação/simulação, história da ciência, jogo didático e resolução de problemas/tempestade de ideias. Diante do emprego de diferentes estratégias de ensino, identificamos que o uso da história da ciência é uma das estratégias mais utilizadas. Outra estratégia predominante nas análises é a argumentação. Porém, durante o uso dessa estratégia, não identificamos instrumentos para avaliar a qualidade da argumentação. E os estudos que utilizaram esta estratégia de ensino foram realizados em um período bastante limitado.

Desta maneira, esta revisão nos permitiu identificar que uma das lacunas do ensino de química é a ausência de propostas de estudo sobre o modelo atômico de Dalton que usem história da ciência para apresentar uma concepção de ciência numa perspectiva antidogmática dinâmica e em construção.

A falta de materiais didáticos adequados e a ausência de estudos que utilizem técnicas argumentativas são limitações identificadas no ensino do modelo atômico de Dalton. Portanto,

é necessário desenvolver pesquisas que explorem o uso dessas técnicas, visando melhorar a compreensão desse modelo no contexto educacional.

Nessa perspectiva, consideramos que a utilização da história da ciência e da argumentação para o ensino do modelo atômico de Dalton, ainda carece de mais estudos. Acreditamos que a aprendizagem de um novo conceito requer a compreensão dos motivos e dos argumentos que levaram à sua formulação e que a História da Ciência pode tornar explícitos tais motivos e argumentos (SILVA, 2020). Sendo assim, é fundamental identificar os problemas que deram origem ao modelo atômico de Dalton, assim como os raciocínios que justificaram cada tentativa de solução desses problemas ao longo do tempo, por meio da análise de conteúdo de fontes históricas primárias e secundárias de História da Química para proporcionar aos estudantes a compreensão dos modelos atômicos.

Em síntese, a revisão sistemática da bibliografia sobre ensino do modelo de Dalton na Educação Básica possibilita concluir que:

As pesquisas se concentram no nível médio de ensino;

A produção dos dados dessas pesquisas empregou diferentes estratégias de ensino e recursos didáticos;

As investigações que empregaram estratégias baseadas na história da ciência e/ou da argumentação apresentaram sucessos, mas, deixaram a desejar em relação às justificativas para os resultados e conclusões apresentados.

Portanto, faz-se necessários mais investigação acerca das contribuições da história da ciência e/ou da argumentação no ensino do modelo atômico de Dalton na Educação básica.

REFERÊNCIAS

ASKEW, J.; GRAY, R. Settling the score: Exploring the historic debate over atomic modeling. **The Science Teacher**, 2016.

BAKER, M. Argumentative interactions and the social construction of knowledge. *In*: MIRZA, N. M.; PERRETCLERMONT, A. N. (ed.). **Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices**. Dordrecht: Springer, 2009. p. 127-144.

BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 97-110, dez. 2018.

BLOSSER, P. E. O papel do laboratório no ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 74-78, 1988.

CAMARGO, L. C. de; ASQUEL, S. D. S.; OLIVEIRA, B. R. M. Problematizando o ensino de modelos atômicos: uma exploração sobre as representações e o uso de um jogo didático. **ACTIO Docência em Ciências**, v. 3, n. 3, p. 197-213, 2018.

CAPECCHI, M. C. V. de M.; CARVALHO, A. M. P. de. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 171-189, 2016.

CARMONA, A. G. La estructura electrónica de los átomos en la escuela secundaria: un estudio de los niveles de comprensión. **Education Química**, v. 17, n. 4, p. 414-422, 2006.

CARRASCOSA, J. *et al.* Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.

CARRIELLO, G. M. *et al.* Uma estratégia para o ensino de modelos atômicos baseada nos três momentos pedagógicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, p. 166-185, 2021.

CAVICCHIOLI, A.; ROCHA, J. R. C. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, nos Ensino Fundamental e Médio. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 29-33, 2005.

CLARK, D. B. *et al.* Analytic Frameworks for Assessing Dialogic Argumentation in Online Learning Environments. **Educational Psychology Review**, v. 19, p. 343-374, 2007.

CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

DELIZOICOV, D. A história da ciência e a ação docente. *In*: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (ed.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: Editora da UFRN, 2012. p. 229-260.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Estabelecendo as normas de argumentação científica nas salas de aula. **Educação Científica**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. *In*: POZO, J. I. (org.). **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p. 13-39.

FARIA, A.; FARIA, P. M.; RAMOS, A. Revisão Sistemática de Literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. D. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 38-44, 2004.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, p. 657-682, 2012.

FORATO, T. Preparação de professores para problematização da pseudohistória em materiais didáticos. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 1316-1321, 2013.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio. **Química nova na escola**, n. 31, p. 275-282, 2009.

GALHARDI, A.; MACORIN, M.; AZEVEDO, D. **Sistemas produtivos**: da inovação à sustentabilidade o ganho de hake: uma técnica de avaliação de absorção de conhecimento e replanejamento de disciplina. Disponível em:
<http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/502/ab10d37dde1d7dc2b4dc710efc39e6dc.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2023.

GATTO, M. A.; SUART JÚNIOR, J. B.; STANZANI, E. L. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 377-400, 2017.

GERONIMO, A.; SOUZA, L. de; CARDOSO, S. P. Uma abordagem lúdica para trabalhar teoria atômica no ensino fundamental. **Revista experiências em ensino de ciências**, v. 15, n. 2, p. 229-246, 2020.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, nov. 1999.

HOFSTEIN, A. P.; LUNETTA, V. The laboratory science education: Foundation for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, p. 28-54, 2003.

JOU, G. I.; SPERB, T. M. A Metacognição como Estratégia Reguladora da Aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 19, n. 2, p. 177-185, 2006.

JOUR. P., L.; SILVA, J. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n 1, p. 19-24, 2018.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers. **Science & Education**, v. 25, p. 795-822, 2016.

LEITÃO, S. Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 20, n. 3, p. 454-462, 2007.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. *In*: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (org.). **Argumentação na escola**: o conhecimento em construção. Campinas: Pontes Editores, 2011. p. 13-46.

LIMA, C. M. C. F.; SILVA, J. L. P. B. Contribuições do Desenvolvimento Histórico-Cultural dos Conceitos de Ácido e de Base para o Ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 157-191, 20.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 37, 2015.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: Uma Análise das Ideias dos Alunos do 3º Ano do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 31, p. 275-282, 2009.

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

MELO, M. R.; LIMA-NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MENDONÇA, P. C.; JUSTI, R. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira De Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-216, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4257.S>. Acesso em: 12. abr. 2021.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre natureza da ciência estamos falando? **Ciência & Educação**, v. 26, p. 1-16, 2020.

MOHER, D. *et al.* GRUPO PRISMA- P. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2015.

MONTALVÃO, L. G.; PASCOTTO, M. C. Jogos didáticos: importância e contribuição para o processo de ensino-aprendizagem de ciências e biologia. **Revista Panorâmica**, 2020.

MOREIRA, F. B. de F. *et al.* **Trilha atômica**: uma maneira diferente para melhorar o ensino-aprendizagem na disciplina de química. *In*: IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, p. 1388-1395, 2013.

MORTIMER, E. F. Concepções Atomistas dos Estudantes. **Química Nova na Escola**, n. 1, 1995.

PEREIRA, M. G.; GALVAO, T. F. Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 369-371, jun. 2014.

RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, Á. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014.

ROCHA, G. R. **A história do atomismo**: a construção e a desconstrução de uma imagem sintático-semântica do conhecimento científico. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SALAZAR, E. et al. Evaluating a didactic strategy to promote atomic models learning in High School students through Hake's method. **International Journal of Education and Research**, v. 7, n. 5, p. 293-312, 2019.

SANTANA, K.; SARMENTO, V.; WARTHA, E. Modelos atômicos e estrutura celular: uma análise das ideias dos estudantes de Química do Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 2, p. 110-122, jul. 2011.

SILVA, E. S.; TEIXEIRA, E. S. Análise de propostas didáticas de física orientadas por abordagens históricas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, p. 766-804, 2018.
SILVA, E. S.; TEIXEIRA, E. S. Análise de propostas didáticas de física orientadas por abordagens históricas. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 35, p. 766-804, 2018.

SILVA, J. L. P. B. **História das Ciências e Didática**. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces. revistas.pucsp.br, [s.d.]. 2022.

SILVA, T. de O. *et al.* Argumentation in chemical teaching: Construction about the concept of atomic models. **Currículo & Docência**, v. 2, n. 1, p. 25-41, 2020.

SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: teoria, métodos e aplicações. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: UFPR, 2008.

TATIANA, C. R.; PAULA, C. C. M.; NILMARA, B. M. Interações Argumentativas no Ensino de Química a partir de um texto histórico. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, 2021.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. The history and philosophy of science in physics teaching: a research synthesis of didactic interventions. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 771-796, 2012a.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (ed.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: Editora da UFRN, 2012b. p. 9-40.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZEMPLÉN, G. A. História da ciência e argumentação na educação científica: Unindo forças? In: KOKKOTAS, P. V.; MALAMITSA, K. S.; RIZAKI, A. A. (ed.). **Adaptando a produção de conhecimento histórico à sala de aula**. Roterdã: Sense Publishers, 2011. p. 129-140.

3 ANÁLISE NA PERSPECTIVA HISTÓRICA DO MODELO ATÔMICO DE DALTON NOS LIVROS DO PNLD 2021

RESUMO

Neste artigo investigamos como os livros didáticos do ensino médio abordam o modelo atômico de Dalton (MAD) em relação ao uso didático da história de ciência. Utilizamos categorias de análise dos livros didáticos sob a perspectiva histórica. Essas categorias foram adaptadas do instrumento proposto por Laurinda Leite (2002) para avaliar o conteúdo histórico dos livros didáticos. Debates sobre a fragmentação do ensino do MAD do ponto de vista histórico, quando o ensino não é relacionado explicitamente com os fatos que contribuíram para a elaboração do modelo referido. Ao analisar sete livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do Programa Nacional do Livro Didático 2021 em relação ao conteúdo do modelo atômico de Dalton, utilizando dimensões de análise dos livros didáticos sob a perspectiva histórica, constatamos lacunas significativas no conteúdo histórico apresentado. Concluímos que é comum a falta de descrição das ideias científicas de Dalton nos livros didáticos. A maioria dos livros didáticos analisados demonstram a história da ciência como um processo linear. Há uma predominância de uma abordagem histórica cronológica que se limita a apresentar datas e nomes.

Palavras-Chave: Argumentação. Livros didáticos. Modelo atômico de Dalton.

3.1 INTRODUÇÃO

O uso da história da ciência no contexto educacional é apoiado por pesquisadores (HOTTECKE; SILVA, 2011; HIDALGO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2021; FORATO, 2019). Além disso, essa abordagem pode promover a humanização da matéria e torná-la mais atraente para os estudantes (MATTHEWS, 1995). Nesse contexto, a utilização da abordagem histórica no ensino de ciências, particularmente no ensino de química, pode oferecer uma contribuição significativa para a aprendizagem de conceitos, ao enfatizar não apenas o produto final, mas também o processo de produção desses conceitos.

Os conceitos científicos têm uma natureza histórica, uma vez que surgem como tentativas de solucionar problemas e se modificam ao longo do tempo, à medida que são aplicados em novos contextos (SILVA *et al.*, 2017). O ensino por meio da história da ciência pode contribuir para motivar os estudantes, aprimorar a compreensão dos conceitos e apresentar a ciência como um campo mutável, destacando que o pensamento científico está em constante

evolução. (MATTHEWS, 1995). Portanto, ao incorporar a história da ciência no ensino é possível oferecer aos estudantes uma melhor compreensão da natureza da ciência (LIN; CHEN, 2002).

A História e a Filosofia da Ciência (HFC) têm sido empregadas de forma a impactar positivamente o interesse dos alunos nas ciências, promovendo uma mudança conceitual e uma compreensão mais aprofundada das ideias científicas, o que contribui para a aprendizagem sobre a natureza da ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012; MATTHEWS, 1995; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012).

Em livros didáticos é comum que as informações históricas apresentadas sejam resumidas em datas e nomes, deixando de explorar os problemas que deram origem aos conceitos (MOURA; GUERRA, 2014). Uma abordagem pseudo-histórica que distorce a compreensão do desenvolvimento científico, é frequentemente encontrada nos livros didáticos. No entanto, ao utilizar a história da ciência no ensino de ciências, é crucial enfatizar a maneira como a ciência é realmente construída (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2011).

As utilizações da história da ciência no ensino de ciências têm aumentado. Contudo, existem desafios que precisam ser superados em relação a sua inclusão no currículo. A escassez de recursos educacionais é um dos principais obstáculos, por exemplo textos sobre a história da ciência que possam ser utilizados no ensino (HIDALGO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2021). Portanto, é fundamental a realização de estudos que contribuam para o desenvolvimento de materiais didáticos que abordem a história da ciência em uma perspectiva crítica e reflexiva para facilitar a compreensão da natureza da ciência pelos estudantes.

É provável que ao aprender com livros didáticos, os estudantes desenvolvam uma compreensão pouco crítica acerca da natureza da ciência. No entanto, ao utilizar a história da ciência, é possível proporcionar aos alunos uma compreensão do desenvolvimento do conhecimento científico. Isso permite que eles percebam que é comum os cientistas cometerem erros e persistirem em suas crenças, além de auxiliar na compreensão dos significados e das funções das teorias (LIN; CHEN, 2002).

No estudo de Silva e Pimentel (2008) ao analisarem livros didáticos de física do ensino fundamental e do ensino médio, constatou-se que os livros didáticos analisados contribuem para que os estudantes entendam os cientistas como grandes gênios e que valorizam apenas conhecimentos que são aceitos pela comunidade científica atual.

A introdução da história da ciência nos livros didáticos ocorre principalmente devido à ênfase crescente na integração da História e Filosofia da Ciência (HFC) com os conteúdos científicos, conforme evidenciado pelas pesquisas em ensino de ciências. Isso tem resultado em uma maior presença da HFC no ensino e nos livros didáticos (LIN; CHEN, 2002; MATTHEWS, 1995; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012). No entanto, é importante destacar que a presença do conteúdo histórico-filosófico nos livros didáticos ainda é limitada, conforme apontado por estudos como o de Pena e Teixeira (2013). Essa limitação pode impactar a compreensão dos conceitos científicos pelos estudantes, deixando lacunas na formação de uma visão mais completa sobre a natureza da ciência.

Considerando que os livros didáticos de Ciências da Natureza adotados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2021 foram elaborados com base na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que atribui relevância aos aspectos da história da ciência como competência geral 1.

Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (BRASIL, 2018, p. 9).

Assim sendo, defendemos que é relevante realizar uma análise dos livros didáticos atualmente utilizados na educação básica no período de 2022 a 2024 em relação a esse aspecto.

A relevância dessa análise reside no fato de que, em grande parte, os professores se baseiam nos livros didáticos para apresentar os conteúdos aos alunos (HIDALGO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2021). Portanto, examinar esses livros didáticos em relação ao conteúdo histórico é essencial para identificar possíveis lacunas e oportunidades para aprimorar a abordagem da história da ciência.

Norteados por essas questões, este trabalho tem como objetivo investigar como os livros didáticos do ensino médio abordam o modelo atômico de Dalton em relação ao uso didático da história de ciência.

3.2 UMA BREVE NARRATIVA HISTÓRICA SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON

Acreditamos que o Modelo Atômico de Dalton (MAD) desempenha um papel fundamental na química (FILGUEIRAS, 2004). Portanto, compreender sua elaboração histórica é primordial para o ensino de química (GATTO; SUART JÚNIOR; STANZANI, 2017).

Segundo Kedrov (1949), Dalton foi o responsável por estabelecer a primeira conexão entre a teoria da estrutura da matéria e sua composição experimental. Dalton foi pioneiro ao conectar a teoria da estrutura atômica com os resultados das experiências realizadas na época.

A história da teoria atômica não é única nem consensual entre historiadores, a exemplo de: Nash (1956), Thackray (1966), Rocke (2005) e Viana e Porto (2007). Comumente, parte-se da teoria atômica existente e investiga-se o percurso que Dalton fez para chegar à sua teoria. Um consenso acerca desse percurso, consiste em que Dalton introduziu aspectos quantitativos na constituição atômica da matéria por meio de suas investigações.

Entretanto, identificamo-nos com a perspectiva apresentada por Zwier (2011), que interpreta Dalton como um solucionador de problemas diversos ao longo de sua vida, e que a sua teoria atômica é decorrente dos vários desafios que enfrentou.

A pesquisa de Nash (1956) investigou a origem do atomismo quantitativo de Dalton, localizando-a no estudo da solubilidade dos gases em água. Por outro lado, Thackray (1966) tentou evidenciar a relação entre as ideias de Newton e as ideias de Dalton, salientando as explicações para as combinações químicas.

Rocke (2005) atribuiu seis possibilidades para a elaboração da teoria atômica de Dalton: 1) A teoria atômica de Dalton é a interpretação de Dalton para as ideias de Newton; 2) Ao estudar a composição dos hidrocarbonetos criou a teoria das proporções múltiplas; 3) O estudo dos óxidos de nitrogênio teria originado a teoria das proporções múltiplas; 4) A teoria atômica surgiu a partir do estudo dos pesos equivalentes de Richter; 5) A teoria atômica seria dedutiva, baseada na sua primeira teoria das misturas gasosas; e por fim 6) Teoria atômica dedutiva, baseada na segunda teoria das misturas gasosas.

Já Viana e Porto (2007) apresentaram um estudo de caso sobre a construção da teoria atômica de Dalton, destacando sua causa no estudo dos fenômenos atmosféricos e na sua interpretação equivocada do corpuscularismo newtoniano.

Para o referencial teórico deste artigo, adotaremos a perspectiva apresentada por Zwier (2011), de que os vários aspectos da teoria surgiram de forma independente. No entanto, é importante destacar que as diferentes abordagens historiográficas, voltadas para a busca da

origem da teoria atômica de Dalton, não abordam como os diferentes problemas explorados por Dalton influenciaram seu pensamento. Portanto, investigamos utilizando diferentes fontes históricas primárias e secundárias como esses problemas se conectaram e contribuíram para a formação da teoria atômica de Dalton.

3.2.1 Antecedentes

Segundo a História da Filosofia do Ocidente, o conceito de átomo surgiu entre os antigos gregos. O problema que originou a proposição dos átomos foi o paradoxo de Parmênides.

Parmênides (meados sec. VI a.C.) desenvolveu sua teoria fundamentada na identidade entre a estrutura do pensamento e dos seres. De acordo com o filósofo, a essência do ser é imutável, imóvel, ingênita, eterna, indivisível, igual, uno e incorruptível. Como compatibilizar tal ideia com as mudanças da realidade que observamos diariamente? Parmênides entendia que tais mudanças eram ilusórias (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Na tentativa de solucionar o paradoxo de Parmênides os filósofos atomistas do século V a.C., Leucipo e Demócrito criaram a hipótese atomista (ROCHA, 2006).

Os atomistas defendiam que tanto os átomos como o vazio existiam. Os átomos eram considerados como partículas diminutas e indivisíveis, com geometrias diferentes, eternas, contínuas, imutáveis e infinitas em número. Entre os átomos, havia o vazio, no qual esses átomos se moviam. Todas as coisas que observamos seriam formadas por átomos e todas as modificações que ocorrem na natureza se deviam aos seus movimentos. (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Portanto, os atomistas conseguiam solucionar o paradoxo de Parmênides ao afirmarem a existência de átomos eternos e incorruptíveis e, simultaneamente atribuir transformações observadas na natureza ao seu movimento. Ou seja, o ser seria imutável, mas a realidade aparente seria mutável. (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Aristóteles (384 a.C. -322 a.C.) apresentou críticas à resolução dos filósofos atomistas em relação ao paradoxo de Parmênides, argumentou que os seres vivos são muito complexos para serem compreendidos apenas por meio da união e separação de partículas. Defendia que a matéria era composta por quatro elementos primordiais, terra, água, ar e fogo (GOMES, 2017; ROCHA, 2006).

Enquanto os atomistas defendiam a existência de partículas indivisíveis, Aristóteles imaginava que a matéria não podia ser reduzida a átomos, mas a estes elementos (GOMES, 2017; ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006). Por exemplo, considerava que a mudança de estado físico da água, do líquido para o gasoso, era a transformação gradual do elemento água no elemento ar, uma interpretação considerável para o contexto da época (PEREIRA; SILVA, 2018).

Na disseminação do atomismo, o epicurismo teve um papel fundamental. Epicuro (341 a.C. -270 a.C.) foi fortemente influenciado pelo atomismo de Leucipo e Demócrito. Esta influência pode ter contribuído para sua oposição às concepções fundamentais de Aristóteles. Para Epicuro, o universo era formado por átomos e vazios. Afirmava que conhecer a verdade sobre a composição do universo era fundamental para alcançar a felicidade (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Apesar de ter sido influenciada pelo atomismo de Leucipo e Demócrito, a filosofia de Epicuro diverge em alguns pontos. Para Epicuro, os átomos tinham apenas três características: forma, magnitude e peso. Distanciou-se do atomismo de Demócrito quando enfatizou que magnitude e peso são características fundamentais dos átomos, ao invés de ordem e posição. Além disso, Epicuro argumentava que o peso era essencial para os átomos, Demócrito não defendia esta visão. Também argumentava que os átomos estavam em constante movimento, porém, diferentemente do que Demócrito afirmava, não se moviam em todas as direções, se moviam apenas para baixo devido ao peso (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Epicuro também propôs o *clínamen* dos átomos, foi uma inovação na física atomista, para explicar como os átomos poderiam se juntar e formar corpos compostos. Para ele, os átomos podem desviar em uma trajetória linear, por uma distância mínima, e encontrar outros átomos (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

O atomismo de Lucrecio (99 a.C. - 55 a.C), embora não tenha introduzido novidades filosóficas relevantes em relação ao atomismo de Epicuro, é considerado uma continuação do atomismo antigo. A sua obra “*De Rerum Natura*”, divulgou a filosofia atomista de Epicuro na Europa Moderna. Contribuindo fortemente para o ressurgimento do atomismo nesta época. Recriou o atomismo, fazendo uma analogia entre as letras do alfabeto e os átomos (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Lucrecio defendia o átomo como partícula fundamental e que as coisas eram compostas por átomos. Para ele, assim como as letras do alfabeto se combinam para formar palavras com

significado, os átomos se combinam para formar coisas. Porém, assim como algumas palavras não existem, nem todas as combinações dos átomos são possíveis (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Durante a Idade Média, as ideias aristotélicas eram amplamente aceitas como a base do conhecimento científico e filosófico porque as obras de Aristóteles foram preservadas e traduzidas para o latim, tornando-se amplamente disponíveis. Além disso, a filosofia de Aristóteles adequava-se aos padrões teológicos da época. Sua teoria era aplicável em diversas áreas do conhecimento e isso também contribuiu para sua influência. Enquanto isso o atomismo, que estava em conflito com a visão aristotélica da matéria, foi amplamente rejeitado pelos intelectuais europeus. Além disso, a teoria atomista foi associada a escolas filosóficas que eram vistas como ateístas, o que aumentou esta rejeição entre intelectuais cristãos (ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Durante a Revolução Científica, os humanistas do Renascimento mostraram um crescente interesse pelas ideias filosóficas dos atomistas antigos, em contraste com as ideias cristãs predominantes (GREENBLATT, 2012; PORTO, 2013). O atomismo de Lucrecio, em particular, favorecia essa visão de mundo, pois abordava átomos e vazios, sendo assim, esses conceitos se tornaram temas relevantes (FILGUEIRAS, 2004).

Gassendi (1592- 1655), na França, defendia que Deus criou e é quem regula o universo, e que o movimento dos átomos era atribuído por Deus. Com isso, ele eliminou as características anticristãs do atomismo e o “purificou”, tornando possível sua utilização por cientistas relevantes como Boyle (1627- 1691) e Newton (1643-1727). Assim, o atomismo tornou-se uma teoria científica respeitável na Inglaterra (FILGUEIRAS, 2004; ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Gassendi descrevia o átomo como entidade existente, porém em números finitos e espécies distintas. Além disso, Gassendi defendia que os átomos possuíam tamanho, forma e peso, representando a menor parte da matéria. Vale ressaltar que ele reconhecia a presença do vazio, que desempenhava um papel fundamental no movimento dos átomos (SIMÕES, 2022).

Boyle (1627- 1691) foi um cientista importante para o desenvolvimento da mecânica e do atomismo. Caracterizava o átomo como corpúsculos constituintes dos corpos. Ele acreditava que as propriedades dos elementos não derivavam de características inerentes aos átomos, mas sim do modo como se moviam e organizavam. Buscou conciliar o atomismo com suas experiências como químico e destacou o papel do arranjo dos corpúsculos na determinação das

propriedades dos corpos (FILGUEIRAS, 2004; PORTO, 2013; ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Dedicou-se a representar experimentalmente as teorias de seus contemporâneos. A teoria atômica adquire características experimentais com ele. Esta teoria era considerada filosófica, ao adquirir dados experimentais, passa a ser utilizada em química. As pesquisas de Boyle proporcionaram a transição do atomismo antigo para o atomismo moderno. Influenciou nas pesquisas de Isaac Newton e foram relevantes para o desenvolvimento da química (ROCHA, 2006).

Boyle utilizou o termo corpuscularismo para evitar associações anticristãs relacionadas ao atomismo dos antigos. Segundo sua teoria, as partículas mínimas encontradas na natureza foram criadas por Deus e, embora sejam divisíveis em termos mentais e pela onipotência divina, são praticamente indivisíveis devido ao seu pequeno tamanho e natureza sólida. (FILGUEIRAS, 2004; PORTO, 2013; ROCHA, 2006; ZATERKA, 2006).

Gassendi (1592-1655), na França, e Charleton (1619- 1707), na Inglaterra, eliminaram o anticristaníssimo do atomismo. Boyle o trouxe para a ciência experimental. No entanto, foi Newton quem o utilizou como fundamento para seus estudos e influenciou Dalton.

3.2.2 Atomismo de Newton

Na questão 31 do *Óptica*, Newton caracterizou as partículas e discutiu como podem formar corpos: "Não têm as pequenas partículas dos corpos certos poderes, virtudes ou forças por meio dos quais elas agem a distância não apenas sobre os raios de luz, refletindo-os, refratando-os e inflectindo-os, mas também umas sobre as outras, produzindo grande parte dos fenômenos da natureza?" (NEWTON, 1996, p. 274).

Ao discutir esta questão, o cientista deixa claro que Deus pode criar partículas e diferentes mundos em todo o universo podem ser feitos através dessas partículas quando as leis da natureza são variadas. Enfatiza também que essas partículas podem ter tamanho, formas e proporções diferentes (NEWTON, 1996).

Para ele, no princípio, Deus criou partículas indivisíveis, sólidas, móveis, maciças, impenetráveis, mais duras que qualquer outro corpo, nenhuma força seria capaz de dividir. Essas partículas teriam a capacidade de formar corpos com mesma natureza e textura. A atração

e a repulsão, que que produziram associação separação, e movimentação das partículas seriam responsáveis pelas mudanças nos corpos materiais (NEWTON, 1996).

3.2.3 Modelo Atômico de Dalton³

John Dalton (1766-1844) nasceu em Eaglesville, Inglaterra, em 1766 (VIANA, 2009). Seu primeiro emprego foi com doze anos, trabalhava como professor particular de um filho de tecelão (ROCKE, 2005), pois demonstrava habilidade em matemática. Provavelmente, foi nesta época que começou a ter contato com as ideias de Newton. Dois anos depois, mudou-se para Kendal para trabalhar na escola que seu irmão administrava. Dalton começou a observar constantemente os fenômenos atmosféricos porque começou a trabalhar em um jornal meteorológico e fazer anotações sistemáticas sobre esses fenômenos, registrava os dados dos instrumentos (barômetros, higroscópio e termômetro) que ele mesmo construiu (VIANA, 2009; ZWIER, 2011).

Dalton contribuiu para o periódico *Lady's Diary*, no qual publicou desafios aos leitores e respondeu outros. Começou respondendo questionamentos matemáticos. Entre 1787 e 1790, muitas respostas de Dalton foram publicadas.

Nos seus primeiros anos de estudos, Dalton pesquisou sobre temas variados que, mesmo diferentes se relacionavam. Suas pesquisas sobre, calor, pressão e temperatura, direcionaram seus estudos para química. Investigou também sua própria visão e tentou explicar seus problemas (ZWIER, 2011). Acreditamos que esses temas influenciaram o direcionamento de seus futuros estudos.

Em 1793, Dalton mudou- se para Manchester, onde começou a trabalhar como professor de filosofia natural e de matemática (ROCKE, 2005; VIANA, 2009). As percepções de átomo de Dalton são baseadas na Questão 31 do livro “Óptica” de Newton (VIANA, 2009). Na sua obra *New System of Chemical Philosophy* (DALTON, 1808), Dalton reconhece que se baseia nas ideias de Newton. Ele enfatiza a importância da Lei Newtoniana para aqueles que desejam compreender a constituição dos fluidos elásticos. De acordo com Newton, as partículas em um fluido elástico se repelem mutuamente através de forças que aumentam à medida que a distância

³ A expressão "Modelo Atômico de Dalton" é considerada um anacronismo, porém estamos utilizando-a conforme empregada nos livros didáticos brasileiros para o Ensino Médio.

entre seus centros diminui. Para Dalton, os fluidos elásticos são compostos por partículas que possuem essa força, e quanto mais próximas as partículas estiverem, maior será a interação entre elas.

Dalton adotou a obra newtoniana mais utilizada da época como referência para as suas palestras. Durante suas palestras, ele deixava claro que suas ideias sobre a natureza da matéria e da composição química eram influenciadas pelas ideias de Newton. Tinha Newton como uma referência fundamental de seus argumentos (ROCKE, 2005).

O desenvolvimento científico de Dalton passou por variados focos de atenção. A síntese da teoria atômica publicada no *New System of Chemical Philosophy* não resultou da busca de uma teoria unificadora dos diversos problemas que Dalton estudou (ZWIER, 2011). Sendo assim, não faz muito sentido falar de uma origem da Teoria Atômica de Dalton.

Dalton não criou, independentemente, uma teoria atômica, mas, modificou ideias anteriores sobre os átomos. A partir desse ponto, alguns problemas para cuja solução Dalton contribuíram com o conceito de átomo ou de partícula, encerrando com a síntese apresentada no *New System of Chemical Philosophy*.

Em 1793, Dalton publicou "*Meteorological Observations and Essays*" (OKI, 2009). Neste trabalho, o cientista relatou suas observações meteorológicas, que começou a fazer quando trabalhou no jornal meteorológico (1787).

Encontramos o termo partícula (*particle*) na obra quando Dalton argumenta sobre os instrumentos de medida, ventos, evaporação, chuva, granizo, neve, orvalho, aurora boreal. O termo aparece poucas vezes em 208 páginas de texto. Cita-se também “partículas de vapor” e “partículas de ar” no apêndice. Esses resultados sugerem que, em 1793, embora Dalton conhecesse algo sobre as ideias corpusculares de Newton, não as explorava nas explicações dos gases e fenômenos meteorológicos. Nesta obra, Dalton faz uso das partículas, sem caracterização precisa, como sinônimo de pequenas, para explicar fenômenos meteorológicos. Buscamos também pelo termo corpúsculo (*corpuscle*), que não foi encontrado.

Meteorologia foi um dos principais interesses iniciais de Dalton e, a partir desses estudos seus interesses na atmosfera foram desenvolvidos. Um problema para Dalton, em 1801, era explicar a homogeneidade da atmosfera: por que a atmosfera era homogênea e não se acomodava em camadas de nitrogênio, oxigênio, etc. Visto que os gases tinham pesos diferentes? (THACKRAY, 1966).

Ao estudar a constituição dos gases mistos, Dalton chegou a algumas conclusões, não justificadas por ele na época:

- 1 Partículas iguais se repelem, partículas diferentes não se repelem;
- 2 Cada partícula possui um peso e exerce uma pressão;
- 3 A força de vapor de um líquido depende da quantidade que evapora;
- 4 A expansão de cada partícula de um mesmo fluido depende da quantidade de calor que ele possui (DALTON, 1801).

Para Dalton, os diferentes gases que constituíam a atmosfera (gás oxigênio, gás azótico, gás hidrogênio, gás ácido carbônico, vapor d'água e provavelmente vários outros fluidos elásticos) existiam independentemente da pressão e da temperatura. E ocupavam simultaneamente todo o espaço disponível (DALTON, 1801).

Fleming (1994) afirma que a primeira lei das misturas gasosas de Dalton nada mais é do que uma extensão das ideias de Newton: cada gás age como se o outro não existisse; duas partículas ou vão se repelir ou vão agir de modo neutro. Com isso, não seria possível que os gases mistos fosse uma combinação química.

Investigando a composição da atmosfera com o objetivo de aprimorar sua teoria dos gases mistos, John Dalton passou a questionar a solubilidade dos gases em água (THACKRAY, 1964).

Dalton comparou os pesos relativos de diferentes partículas últimas (átomos). Em meados de 1803, ele tentou elaborar a primeira tabela com o peso relativo das partículas últimas. Embora esta investigação não tenha solucionado os questionamentos de Dalton sobre solubilidade dos gases em água, foi útil para explicar a relação dos óxidos de nitrogênio. Em 1804, Dalton, continuou pesquisando sobre solubilidade (THACKRAY, 1966).

Na segunda lei dos gases mistos, Dalton para explicar porque os diferentes gases da atmosfera não se acomodavam de acordo com suas gravidades específicas, argumentando que átomos diferentes possuem tamanhos diferentes. Ao contrário da primeira lei para os gases mistos, que defendia que isso acontecia porque existia repulsão entre átomos iguais (GROSSMAN, 2021).

Grossman (2021) defende também que os pesos atômicos não foram desenvolvidos para explicar a solubilidade dos gases, mas Dalton estava tentando resolver o problema da composição do ácido nítrico que estava sendo investigado por Lavoisier e Cavendish. Com os pesos recém calculados dos átomos de oxigênio e nitrogênio, Dalton atribuiu fórmulas para os

óxidos de nitrogênio. Para Grossman (2021), a teoria atômica não surgiu para explicar a solubilidade dos gases, mas de pesquisas químicas sobre os óxidos de nitrogênio e das ideias de calórico de Dalton.

Para explicar a homogeneidade da atmosfera, argumentou que as partículas de diferentes gases quando misturadas, não se repelem entre si. Como as partículas de um gás não afetam as partículas de outro gás, quando estão misturadas, a pressão total exercida por um gás depende apenas da quantidade das suas partículas. (DALTON, 1801). Começou a sua tendência de procurar leis gerais para explicar os fenômenos que estava pesquisando (ZWIER, 2011). Esta lei ficou conhecida como a segunda lei das misturas gasosas de Dalton, também conhecida como lei das pressões parciais. Esta lei foi divulgada nas duas edições do "*New System of Chemical Philosophy*" apesar de ter sido desenvolvida em 1801 (DALTON, 1801).

Foi em 1808, que Dalton divulgou o primeiro relato geral de sua teoria atômica de forma clara e sistemática no "*New System of Chemical Philosophy*", fornecendo evidências experimentais para apoiar suas ideias.

No capítulo sobre a constituição dos corpos, Dalton afirma que todos os corpos serem constituídos de partículas minúsculas ou por átomos que são unidos por força de atração são conclusões aceitas universalmente. A depender da circunstância, essa força de atração pode variar em intensidade. Existe a atração de coesão e a atração de agregação. A atração de coesão, é responsável por manter os átomos unidos (DALTON, 1808).

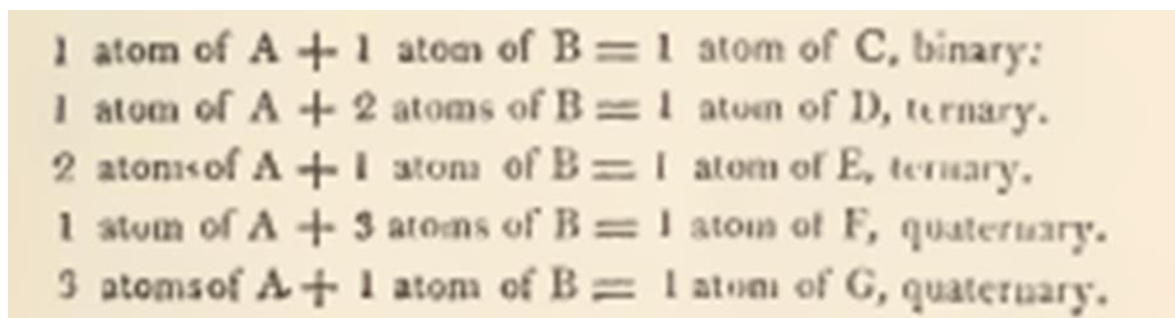
Argumentou também que fluidos elásticos puros são constituídos por partículas iguais. Vapor de água, gás hidrogênio, gás oxigênio, gás nitrogênio, entre outros são exemplos desses fluidos. Os fluidos elásticos puros são constituídos por um átomo que possui matéria sólida e que é cercado de calor. Portanto, defendeu que átomos possuem uma parte sólida e são cercados de calórico (DALTON, 1808).

Dalton destaca que a análise química e síntese é apenas separação e união de partículas (átomos) e não envolve criação ou destruição de matéria. Portanto, para ele, as transformações da matéria envolvem apenas a combinação ou separação de partículas (DALTON, 1808). Newton também fazia uma afirmação bastante parecida quando falava de associação, separação e movimentação de partículas.

Dalton descreve a ordem em que as combinações podem ocorrer entre dois corpos, A e B. Ele lista as possíveis combinações começando da mais simples, que é a combinação de um átomo de A com um átomo de B para formar um átomo binário C até a combinação de três

átomos de A com um átomo de B para formar um átomo quaternário G (DALTON, 1808).(Figura 1).

Figura 1 – Combinação dos átomos.



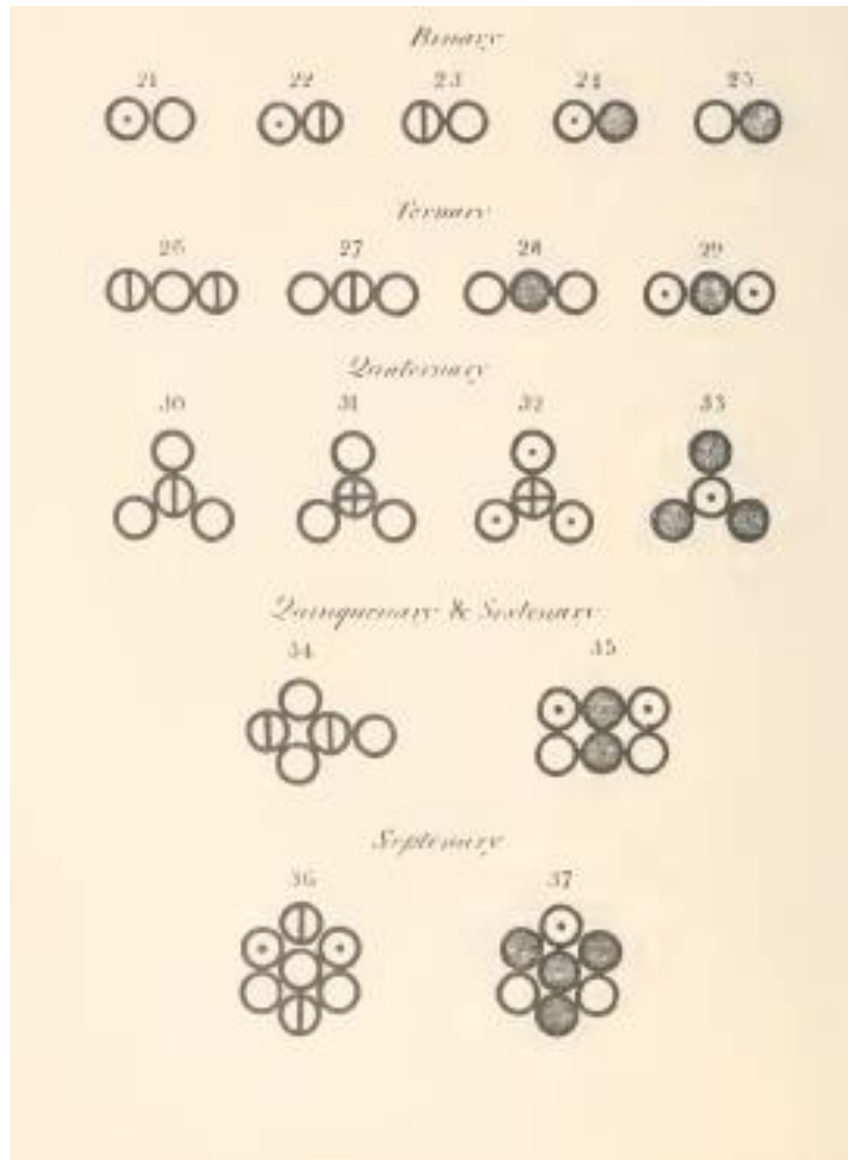
Fonte: Dalton (1808, p. 213).

Portanto, dois átomos, A e B, podem combinar-se, em proporções diferentes. Conseguem formar compostos binários, ternários e quaternários. Essas combinações diferentes implicam em formação de compostos diferentes (DALTON, 1808).

Dalton cita algumas substâncias e exemplifica os átomos que ele imaginava que as constituíam (Figura 2). O gás nitroso (atualmente chamado de óxido nitroso) é um composto binário de azoto (atualmente chamado de nitrogênio) e oxigênio afirmou que o oxigênio tinha peso 7 e o nitrogênio peso 5, a massa desses átomos suposta por Dalton é bem diferente da massa atômica desses dois elementos (DALTON, 1808).

O ácido nítrico pode ser um composto binário ou ternário, é formado por um átomo de azoto e dois de oxigênio cujo peso é 19, na verdade, estava se referindo ao dióxido de nitrogênio. Já o óxido nitroso possui um átomo de oxigênio e dois de nitrogênio, é semelhante ao ácido nítrico. O ácido oxinitríco é um composto binário, é a combinação do ácido nítrico com o oxigênio. O óxido carbônico consiste em um átomo de carvão e um de oxigênio, pesando 19, ou seja, como ele achava que a massa do oxigênio era 7, considerava a massa do carbono 12. O ácido carbônico é um composto ternário, às vezes, binário formado por um átomo de carvão e dois de oxigênio. Ele acertou nas proporções dos compostos, mas em relação a massa não teve tanto êxito (DALTON, 1808).

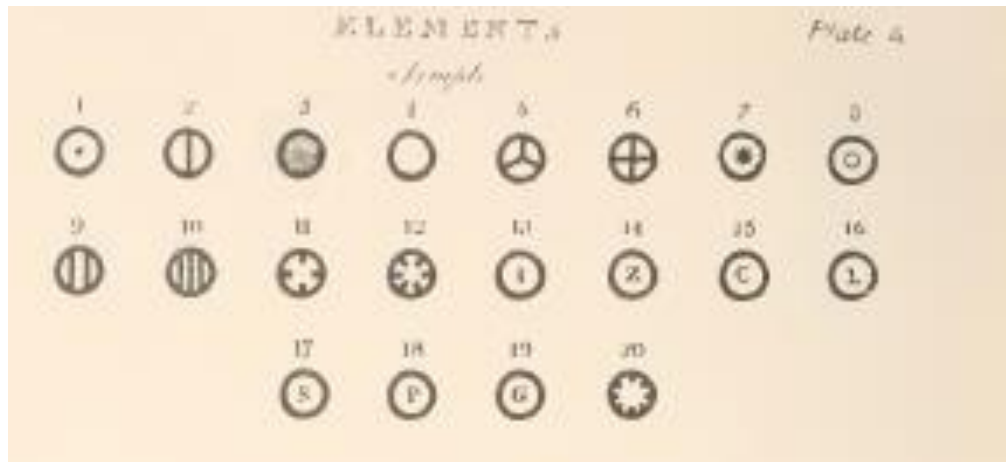
Figura 2 – Combinações atribuídas por Dalton.



Fonte: Dalton (1808, p. 218).

Os átomos ou elementos podem ser representados por círculos que possuem alguma marca específica, quando se combinam ocorre a junção de dois ou mais átomos (Figura 3). Ao unirem-se três ou mais partículas, as partículas do mesmo tipo devem repelir adquirindo sua posição diferente da partícula igual (DALTON, 1808).

Figura 3– Símbolos dos átomos dos elementos químicos atribuídos por Dalton



Fonte: Dalton (1808, p.218).

O átomo de hidrogênio possui peso um e funciona como padrão de comparação para os outros átomos elementares (Figura 4). Não somente o seu peso, mas também o diâmetro de seu átomo serve de referência para outros átomos. Dalton usou a relação entre o peso e o tamanho dos átomos para explicar como eles se combinam para formar compostos químicos. Por exemplo, ele acreditava que a massa do enxofre era cerca de catorze vezes maior que a do hidrogênio. No entanto, atualmente, sabemos que a massa do enxofre é dezesseis vezes maior que a do hidrogênio (DALTON, 1808).

Figura 4 – Peso dos elementos atribuídos por Dalton.

PLATE IV. This plate contains the arbitrary marks or signs chosen to represent the several chemical elements or ultimate particles.

Fig.		Fig.	
1	Hydrog. its rel. weight 1	11	Strontites - - - 46
2	Azote, - - - - 5	12	Barytes - - - - 68
3	Carbone or charcoal, - 5	13	Iron - - - - 58
4	Oxygen, - - - - 7	14	Zinc - - - - 56
5	Phosphorus, - - - 9	15	Copper - - - - 56
6	Sulphur, - - - - 13	16	Lead - - - - 95
7	Magnesia, - - - - 20	17	Silver - - - - 100
8	Lime, - - - - 23	18	Platina - - - - 100
9	Soda, - - - - 28	19	Gold - - - - 140
10	Potash, - - - - 42	20	Mercury - - - - 167

Fonte: Dalton (1808, p. 219).

Dalton contribuiu significativamente para o desenvolvimento da teoria atômica, defendeu a ideia de que os átomos possuem pesos relativos diferentes. Além disso, defendeu que através dos pesos relativos dos átomos seria possível determinar o número de átomos que formam um composto (DALTON, 1808).

3.3 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS NA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Neste artigo, realizamos uma apreciação da conformidade histórica dos conteúdos acerca do modelo atômico de Dalton apresentado pelos livros didáticos de ciências da natureza aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021. Segue, assim, análise dos sete livros aprovados pelo PNLD 2021.

Quadro 1 – Atribuição de códigos de identificação aos livros selecionados.

Código de identificação	Referências
LD1	SANTOS, K. C. <i>et al.</i> Diálogo : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD2	ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. <i>et al.</i> Ser Protagonista : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: SM educação, 2020.
LD3	MORTIMER, E. <i>et al.</i> Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Scipione, 2020.
LD4	GODOY, L.; DELL, R. M.; MELO, A. W. Matéria, energia e a vida : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: FTD, 2020.
LD5	LOPES, S.; ROSSO, S. Evolução e Universo : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD6	NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. Conexões : Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD7	DO CANTO, E. L.; LEITE, E. C. C. Moderna Plus : O conhecimento científico. Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.

Fonte: os autores (2022).

3.3.1 Dimensões Utilizadas

As dimensões utilizadas correspondem às categorias de análise (informadas abaixo) dos livros didáticos, considerando a perspectiva histórica. Essas dimensões foram adaptadas do instrumento proposto por Laurinda Leite (2002) para avaliar o conteúdo histórico desses livros. No tópico "Tipo e organização da informação histórica", incluímos as motivações e problemas dos personagens. No entanto, optamos por excluir os dados sobre a vida dos cientistas, como

dados biográficos, características pessoais, episódios/anedotas e características individuais, pois esses aspectos não eram de interesse para fins de nossa análise, uma vez que trazem pouca contribuição para aprendizagem conceitual. Quanto à concepção de como a ciência progride, fizemos uma reformulação das categorias: em vez de usar "linear e discreto" e "evolução real", utilizamos "progresso acumulativo" e "progresso com rupturas", uma vez que estão mais diretamente concatenados com concepções epistemológicas pós-positivistas. Além disso, na seção que trata de como o cientista trabalhava, substituímos a categoria "comunidade científica" por "interações entre cientistas", pois reflete melhor nosso interesse em compreender como os livros didáticos abordam as interações entre os cientistas ao tratar dos conceitos com uma abordagem histórica.

Em relação aos materiais utilizados para representar as informações históricas, apenas renomeamos as categorias, mantendo o mesmo sentido. Assim, foram utilizadas as seguintes denominações: "Representações pictóricas de cientistas", "representações pictóricas de máquinas, equipamentos de laboratório, modelos, etc.", "representações simbólicas não pictóricas de coisas e estados de coisas", "reproduções ou traduções de documentos produzidos por cientistas", "reproduções de experimentos realizados por cientistas", "reproduções de fontes históricas secundárias e de livros didáticos" e "outros". Essas nomenclaturas representam mais diretamente aquilo que estávamos buscando nos livros didáticos para fins de análise.

Decidimos remover três categorias: "status do conteúdo histórico", "atividades de aprendizagem que lidam com a história da ciência" e "consistência interna do livro". Essa simplificação foi realizada para focar nas dimensões que consideramos mais relevantes para a análise sob a perspectiva histórica do modelo atômico de Dalton nos livros didáticos em questão.

3.3.1.1 Tipo e organização da informação histórica

- Motivações do personagem que ajudaram na construção do conhecimento;
- Problemas que originaram os conhecimentos científicos;
- Abordagem das ideias/descobertas:
 - Menção de uma ideia científica relevante para a construção do conhecimento (uma descoberta, ou, de modo mais geral, uma ideia científica é mencionada);

- Descrição de como o cientista elaborou a ideia científica (a ocorrência de uma descoberta ou uma ideia é descrita): procedimentos para a resolução do problema; argumentação envolvida na elaboração do conhecimento científico.
- Concepções sobre como a ciência progride:
 - Progresso acumulativo (um período é relacionado ao seguinte, mantendo uma direção);
 - Progresso com rupturas, acentuando as controvérsias (movimento de “idas e voltas” entre opiniões, incluindo controvérsias).
- Informações sobre como o cientista trabalhava:
 - Trabalho individual (um personagem é apresentado como sendo o único responsável por uma ideia ou descoberta);
 - Trabalho em grupo (dois ou mais personagens trabalharam juntos com o mesmo propósito);
 - Interações entre cientistas.

3.3.1.2 Representações/Reproduções usadas na apresentação da informação histórica

- Representações pictóricas de cientistas;
- Representações pictóricas de máquinas, equipamentos de laboratório, modelos etc.;
- Representações simbólicas não pictóricas de coisas e estados de coisas;
- Reproduções ou traduções de documentos produzidos por cientistas;
- Reproduções de experimentos realizados por cientistas;
- Reproduções de fontes históricas secundárias e de livros didáticos;
- Outros.

3.3.1.3 Contexto relevante para a produção do conhecimento

- Científico (informações históricas relacionadas ao conhecimento de ciências e matemática disponíveis e/ou inexistentes);
- Tecnológico (informações históricas relacionadas à tecnologia disponível e/ou à sua falta);

- Social (informações históricas relacionadas às condições de vida e valores reconhecidos da época);
- Político (informações históricas relacionadas à política da época);
- Religioso (informações históricas relacionadas às crenças religiosas da época).

3.3.1.4 Bibliografia

- Fontes primárias;
- Fontes secundárias.

3.4 RESULTADOS

Nesta seção apresentamos os resultados da análise dos livros didáticos.

Quadro 2 – Motivações do personagem que ajudaram na construção do conhecimento.

	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Destacam as motivações do personagem que ajudaram na construção do conhecimento			X	X			
Não há dados que caracterizem a construção do conhecimento	X	X			X	X	X

Fonte: a autora (2022).

A análise de livros didáticos de ciências da natureza em relação aos aspectos históricos sobre o modelo atômico de Dalton revela algumas lacunas e falhas na abordagem das motivações do cientista. Em geral, os livros não exploram adequadamente as motivações

específicas que levaram Dalton a elaborar sua teoria atômica, o que pode comprometer a compreensão mais completa do contexto histórico e científico em que a teoria foi desenvolvida.

No LD1, por exemplo, é informado que Dalton retomou antigas concepções de átomo para explicar a composição da matéria, mas não há qualquer menção a algum interesse de Dalton por filosofia antiga, que o houvessem motivado a retomar as ideias de Demócrito e Leucipo. Apenas propõe uma continuidade conceitual. No entanto, há uma incoerência de conteúdo, porque Dalton não retomou os conteúdos de Demócrito e Leucipo, mas se inspirou nas ideias de Newton. Durante suas palestras, Dalton enfatizava a influência das ideias de Newton em sua compreensão da natureza da matéria e da composição química. Ele considerava Newton como uma referência essencial para embasar seus argumentos (ROCKE, 2005).

Em livros didáticos, é muito comum, aparecer relatos históricos errôneos (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012). Ao apresentar um conteúdo histórico, é fundamental que a história seja apresentada de forma verossímil (WHITAKER, 1979 b). Imprecisões históricas podem comprometer a compreensão adequada dos estudantes sobre a construção do conhecimento científico.

No LD2, a menção ao modelo atômico de Dalton é breve e superficial. Apenas é citado que ele propôs que a matéria era formada por partículas distintas chamadas átomos, concebendo-os como esferas maciças, indivisíveis e indestrutíveis, e que cada elemento tinha seu próprio tipo de átomo. Esta descrição não fornece dados para entender as motivações que Dalton teve para criar seu modelo atômico.

O LD3 menciona que a hipótese atômica de Dalton surgiu para explicar gases atmosféricos e misturas gasosas, o que coincide com a história do modelo atômico de Dalton. No LD4, a descrição da motivação de Dalton é limitada a um trecho que menciona que ele retomou o termo átomo e formulou alguns fundamentos durante seus estudos com gases. No entanto, esses dados poderiam ser mais explorados nos livros didáticos, para fornecer uma visão mais abrangente das motivações de Dalton. É importante ressaltar que Dalton estava envolvido em estudos sobre a composição da atmosfera e a solubilidade em água dos gases, quando se dedicava aos estudos em meteorologia e fenômenos atmosféricos. Essa motivação não é adequadamente abordada no livro didático.

O LD5 resume o modelo atômico de Dalton apenas às massas atômicas, sem explorar suas motivações. Entretanto, é fundamental compreender que Dalton estava interessado em entender a composição da atmosfera e como os diferentes gases se misturavam e permaneciam

homogêneos. Essa motivação específica não é abordada no livro didático, o que pode comprometer a compreensão mais ampla do desenvolvimento do modelo atômico de Dalton. No LD6, embora seja mencionado que a ideia do modelo atômico de Dalton surge para explicar o que o cientista estava pesquisando experimentalmente, não é fornecida uma justificativa adequada do que Dalton estava pesquisando. O LD7 também destaca que a motivação de Dalton é associada à criação de hipóteses para explicar a massa das substâncias envolvidas nas reações químicas.

Dalton iniciou os seus estudos em matemática e começou a lecionar com 12 anos. Durante os seus estudos, demonstrou uma inclinação para a filosofia natural e a meteorologia (VIANA; PORTO, 2007). O interesse em meteorologia desencadeou alguns questionamentos sobre a composição da atmosfera e a solubilidade em água dos gases. No início do século XIX, Dalton era um dos cientistas que estava tentando entender como a atmosfera era composta por diferentes gases de diferentes densidades e, mesmo assim, era homogênea. Como o oxigênio, gás carbônico, nitrogênio e vapor d'água permaneciam misturados na atmosfera?

Reconhecemos que, com interesse em fenômenos meteorológicos e influenciado pelo corpuscularismo inglês de Boyle e Newton, Dalton tentava entender o comportamento dos gases que ficavam diferentes quando misturados, como é o caso da atmosfera. Dalton cita Newton no **New System**:

Newton demonstrou a partir dos fenômenos de condensação e rarefação que fluidos elásticos são constituídos de partículas, que se repelem mutuamente por forças que aumentam em proporção como a distância de seus centros diminui: em outras palavras, as forças são reciprocamente como as distâncias (DALTON, 1808-1810, p. 168).

Dalton passou a adotar os átomos quando estava envolvido em seus estudos sobre meteorologia, começou a usar a ideia de partículas e depois chegou ao modelo atômico. Sendo assim, seu interesse pela meteorologia influenciou diretamente o percurso de Dalton para o desenvolvimento de sua teoria atômica. Portanto, uma das motivações de Dalton era conhecer a atmosfera como um dos elementos da meteorologia (VIANA, 2007).

O Quadro 3 sintetiza os resultados da análise dos livros didáticos em relação aos problemas que teriam originado a elaboração de conhecimentos científicos.

Quadro 3 – Problemas que originaram os conhecimentos científicos.

Destacam os problemas que originaram os conhecimentos científicos	LD1 X	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6 X	LD7 X
Não há dados que caracterizem		X	X	X	X		

Fonte: os autores (2022).

Estamos considerando problema “qualquer situação que inclua a possibilidade de uma alternativa” (ABBAGNANO, 2007, p. 796). Nesse sentido, nomear um objeto desconhecido pode ser um problema, assim como o modo de subir numa árvore e explicar como se forma a chuva também podem ser entendidos como problemas. Ao estabelecer o nome do objeto, os procedimentos necessários para subir na árvore e as explicações da formação da chuva os problemas são resolvidos e conhecimentos são produzidos.

Observemos o trecho do LD1: “Em 1803, o químico e meteorologista inglês John Dalton (1766-1844) retomou a ideia atômica proposta por Demócrito e Leucipo para explicar a composição da matéria. ” (SANTOS *et al.*, 2020, p. 50). Considerando a nossa concepção do conceito de problema, entendemos que tentar explicar a composição da atmosfera era um problema para Dalton e o LD1 destaca isso.

No entanto, não é explicitado no LD1 que a elaboração da teoria atômica foi uma consequência dos interesses de Dalton em filosofia natural e fenômenos meteorológicos. Ao associarmos as proposições de Dalton a problemas específicos, como a composição da atmosfera e a solubilidade dos gases na água, podemos compreender melhor os problemas que contribuíram para o desenvolvimento da sua teoria.

No LD2, LD4 e no LD5 os autores não mencionam nenhum problema que Dalton estava tentando solucionar ao elaborar seu modelo atômico. Essa omissão não favorece que os estudantes compreendam que todo conceito científico surge de um problema específico (SILVA *et al.*, 2017), e a compreensão desses problemas é fundamental para a construção do conhecimento científico.

Essa omissão também pode transmitir a ideia pouco crítica de que a ciência é construída apenas por gênios e não envolve um processo de investigação e solução de problemas. É

importante destacar que os livros didáticos são considerados fontes confiáveis por professores e alunos, e as informações veiculadas neles afetam diretamente o ensino e a aprendizagem de ciências. Portanto, a falta de uma abordagem contextualizada que inclua a história e filosofia da ciência pode ser limitadora para o entendimento da natureza da ciência, o que pode não favorecer uma visão mais crítica sobre como o conhecimento é construído, corroborando com a propagação de mitos científicos (HOTTECKE; SILVA, 2011).

No LD3, é mencionado o problema de Dalton em explicar o comportamento dos gases atmosféricos e das misturas gasosas. No LD6, é destacado que Dalton buscava explicações teóricas para suas observações experimentais. No entanto, os autores não fornecem informações sobre quais foram essas observações experimentais nem como as ideias de Dalton sobre o átomo contribuíram para a solução de seu problema. No LD7 é mencionado que um dos problemas de Dalton era a massa dos produtos e reagentes em uma reação química. Contudo, consideramos importante ressaltar que Dalton enfrentava diversos outros problemas, como os questionamentos sobre a composição da atmosfera e a solubilidade dos gases na água.

Quadro 4 – Abordagem das ideias/descobertas.

Abordagem das ideias/descobertas	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Menção a uma ideia científica relevante para a construção do conhecimento	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: os autores (2022).

Após analisar os trechos dos diferentes livros didáticos sobre a abordagem das ideias científicas de Dalton, notamos que há uma tendência dos autores dos livros didáticos analisados de apenas mencionar superficialmente essas ideias, sem fornecer uma descrição delas. Por exemplo, o LD1 faz referência à composição da matéria por átomos, à conservação dos átomos em uma reação química e à formação de substâncias a partir da combinação de átomos. No entanto, não descrevem como Dalton desenvolveu essas ideias.

No LD2, as ideias de Dalton são mencionadas de forma resumida, tratando dos átomos como maciços, indivisíveis e indestrutíveis, e enfatizando a existência de um tipo de átomo para

cada elemento. No entanto, não há uma argumentação sobre como Dalton chegou a essas conclusões. No LD3, os autores apenas resumem as principais ideias de Dalton em um quadro.

O LD4 também apresenta apenas os quatro fundamentos das ideias de Dalton, sem descreverem como essas ideias foram elaboradas pelo cientista. Os fundamentos mencionados são: a matéria é formada por átomos maciços e indivisíveis, átomos iguais têm mesma massa e mesmas propriedades, átomos diferentes possuem massas e propriedades distintas, e durante as reações químicas, a quantidade de átomos permanece inalterada, ocorrendo a recombinação para formar novas substâncias. Essa abordagem não é muito propícia para favorecer uma compreensão do processo de desenvolvimento das ideias de Dalton.

No LD5, embora mencione que Dalton associou a ideia de elementos químicos a átomos, e que ele propôs um método para determinar as massas atômicas, não há uma descrição detalhada dessas ideias. O texto não fornece informações sobre como Dalton chegou a essas conclusões.

Da mesma forma, o LD6 apenas menciona superficialmente alguns pontos básicos da teoria atômica de Dalton, sem descrevê-los em detalhes. Esse tipo de abordagem também não é muito favorável para uma a compreensão de como a teoria foi desenvolvida pelo cientista.

No LD7, as ideias de Dalton são mencionadas em tópicos, resumindo conceitos como a constituição de todas as substâncias químicas por átomos, a igualdade de características entre átomos do mesmo elemento e a diferença entre átomos de elementos diferentes. Também é mencionado que as reações químicas envolvem o rearranjo de átomos. No entanto, assim como nos outros livros didáticos, não argumentam sobre como Dalton desenvolveu essas ideias.

A falta de descrição das ideias científicas de Dalton nos livros didáticos consideramos como um problema porque pode não contribuir para que os estudantes compreendam criticamente o processo pelo qual essas ideias foram formuladas. Ao não descrever as ideias de Dalton, os livros didáticos não fomentam a percepção de visões mais críticas sobre a natureza e a evolução do pensamento científico, limitando a compreensão dos estudantes sobre a ciência. Portanto, é relevante que livros didáticos argumentem sobre as ideias científicas de Dalton oferecendo aos estudantes uma visão mais crítica do desenvolvimento de conceitos científicos.

A informação histórica, quando abordada de forma abrupta e resumida, não demonstrando o processo de criação do conceito e a argumentação envolvida neste processo, pode contribuir para a construção de uma visão das ciências como algo que se desenvolve rápida e genialmente. Seria interessante o ensino de ciências não incentivar que conceitos científicos

sejam apenas decorados, mas promover a construção de conceitos oportunizando aos estudantes uma concepção de como os conceitos são produzidos ao longo da história (VIDAL; PORTO, 2012).

Quadro 5 – Concepções sobre como a ciência progride.

Evolução da ciência	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Progresso acumulativo	X	X		X	X	X	
Progresso com rupturas, acentuando as controvérsias			X				X

Fonte: os autores (2022).

Ao analisarmos os trechos dos livros didáticos em relação à concepção de como a ciência progride, identificamos algumas limitações no conteúdo apresentado. Observamos que a maior parte dos livros didáticos analisados abordam o desenvolvimento do conhecimento científico como um progresso acumulativo, sem uma análise crítica das mudanças e controvérsias envolvidas (GODAY *et al.*, 2008; HOTTECKE; SILVA, 2011).

Apenas o LD3 e o LD7, acentuam controvérsias no desenvolvimento do modelo atômico de Dalton. O LD3 destaca que a hipótese de Dalton teve tanto adeptos quanto opositores, o que é relevante para compreender a dinâmica do processo científico. O LD7 menciona a existência de interpretações controversas sobre as massas dos átomos. Compreender a ciência como um empreendimento humano sujeito a erros e avanços por meio de controvérsias e rupturas é essencial para uma visão mais crítica sobre a natureza da ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012).

No trecho do LD1, é mencionado o papel de John Dalton na retomada da ideia atômica proposta por Demócrito e Leucipo, dando um caráter científico aos estudos da composição da matéria. No entanto, é importante ressaltar que a história do atomismo não se limita apenas a esses filósofos gregos do século V a.C. Após a discussão atomismo por Leucipo e Demócrito, a teoria passou por um processo de desenvolvimento e disseminação ao longo dos séculos.

Durante a Europa Moderna, Epicuro desempenhou um papel fundamental na disseminação do atomismo. Além disso, Lucrécio, em sua obra "*De Rerum Natura*", divulgou

a filosofia atomista. No século XVII, o Círculo de Newcastle, contribuiu para a reconsideração e discussão do atomismo (ROCHA, 2006).

A influência de grandes cientistas, como Boyle e Newton, foi relevante no contexto do atomismo. Dalton, que viveu de 1766 a 1844, retomou a ideia do átomo, inspirando-se nas ideias de Newton (ROCHA, 2006). Portanto, a diferença de tempo entre a época de Dalton e os filósofos gregos Demócrito e Leucipo é de aproximadamente dois milênios. Essas omissões podem comprometer a compreensão da natureza dinâmica da ciência e da construção dos conhecimentos científicos (GODAY *et al.*, 2008).

No LD2, observamos que a abordagem sobre o modelo atômico de Dalton é breve. Mas analisando o trecho posterior, os autores começam a abordar o modelo de Thomson sem estabelecer nenhuma relação entre esses modelos. Do modelo de Dalton para o modelo de Thomson, passaram-se aproximadamente noventa anos e provavelmente houve discussões na ciência sobre o átomo neste período. Isso indica uma abordagem fragmentada, na qual os modelos atômicos são apresentados de forma isolada, sem evidenciar a interação e o debate entre eles. Essa falta de contextualização e relação entre as ideias científicas pode não favorecer uma compreensão dos estudantes sobre o progresso e a evolução da ciência (LIN; CHEN, 2002).

A história da ciência apresentada no LD4 e LD5 também é abordada de forma linear, no LD4 utilizam uma linha do tempo. Essa abordagem linear pode apresentar limitações, pois simplifica a complexidade do desenvolvimento científico, não evidenciando as controvérsias e como os conceitos são construídos ao longo do tempo. Um dos benefícios da utilização da história da ciência, é de possibilitar para os estudantes uma compreensão de como a ciência progride pois possibilita aos estudantes entenderem que é comum cientistas errarem e persistirem no erro, auxilia na compreensão de hipóteses científicas e teorias, entender que o desenvolvimento do conhecimento científico é complexo (LIN; CHEN, 2002).

No LD6, a ciência é abordada como de forma acumulativa. Além disso, assim como o LD1, apresenta incoerência histórica. Fazem uma atribuição exclusiva a Dalton de autor da primeira teoria que considerou a descontinuidade da matéria e a utilização do termo "átomo". Mas sabemos que pensadores anteriores, como, Demócrito e Leucipo, Lucrecio, Epicuro, cientistas do Círculo de Newcastle, Boyle, Newton, já consideravam a matéria descontínua (ROCHA, 2006).

A maioria dos livros didáticos analisados apresenta o progresso histórico da ciência como um processo linear. Destacando a ciência com uma visão pouco crítica acerca da natureza da ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012). A história da ciência deve apresentar uma ciência também construída a partir das controvérsias e rupturas (KUHN, 1998). Whitaker (1979), denomina de quase história, quando um texto parece histórico, mas, a história não é transmitida com autenticidade. Frequentemente a quase história é utilizada por autores de livros didáticos.

No conteúdo modelo atômico de Dalton, os autores dispensam confrontar e comparar os diferentes pensamentos, demonstrar que a construção de conceitos é processual e exige tempo. Estas são características da quase história (WHITAKER, 1979b). Livros didáticos, divulgam teorias científicas de modo estático (GODAY *et al*, 2008). Sendo assim, ao aprender com livros didáticos, estudantes adquirem uma visão pouco crítica acerca de como a ciência evolui.

Quadro 6 – Informações sobre como o cientista trabalhava.

Quem faz a ciência	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Trabalho individual	X	X	X	X	X	X	
Interação entre cientistas							X

Fonte: os autores (2022).

Todos os livros didáticos analisados, exceto o LD7, destacam que a construção do modelo atômico de Dalton foi um trabalho individual. No Livro Didático 1, os autores atribuem a Dalton o papel de criador individual da teoria atômica, como evidenciado no trecho: "Dalton realizou diversos trabalhos que o levaram a formular a teoria atômica e a propor o primeiro modelo atômico experimental conhecido." (SANTOS *et al*, 2020, p. 50). No entanto, é importante ressaltar que Dalton se baseou nas contribuições de estudiosos anteriores e contemporâneos.

Nos livros LD2, LD3, LD4, LD5 e LD6, Dalton também é apresentado como o único criador da teoria atômica, o que limita a compreensão dos estudantes sobre a natureza coletiva

e progressiva da ciência. Esse tipo de abordagem individualista não destaca a influência e a interação entre os cientistas que ocorrem longo do tempo (VIDAL; PORTO, 2012).

O LD7, é o único que destaca que Dalton não se baseou apenas em seus próprios experimentos, mas também nos experimentos de outros cientistas. Consideramos destacar a interação entre cientistas importante, pois ressalta a construção da ciência como um trabalho coletivo que vários pesquisadores contribuem.

O ideal seria que os LD tivessem uma concepção da ciência como algo construído pela comunidade científica (VIDAL; PORTO, 2012), bem como possibilitassem aos estudantes, através da história da ciência, compreender que a ciência se desenvolve coletivamente e de modo progressivo, que é feita de problemas, de fracassos e sucessos, por pessoas que possuem um objetivo em comum.

Quadro 7 – Representações/reproduções usadas na apresentação da informação histórica.

Representações/Reproduções usadas na apresentação da informação histórica	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Representações pictóricas de cientistas	X		X			X	
Representações pictóricas de máquinas, equipamentos de laboratório, modelos etc.	X		X	X		X	X
Reproduções de experimentos realizados por cientistas							
Reproduções de fontes históricas secundárias e de livros didáticos	X	X					

Fonte: os autores (2022).

Em química, no século XIX, aspectos representacionais destacaram-se; o objetivo era dar visibilidade a átomos e moléculas (WARTHA; REZENDE, 2017).

Apenas dois livros (LD1 e LD2), utilizam reproduções de fontes históricas nos livros didáticos. No LD1 representam os símbolos para elementos químicos propostos por Dalton e a representação da formação de compostos.

No LD2, os símbolos dos átomos são representados conforme a concepção de Dalton, com base no artigo de Filgueiras (2004). No entanto, há uma baixa relação entre a imagem apresentada e o texto do LD, pois, os autores descrevem apenas que cada elemento possui um tipo de átomo, sem fazer referência explícita à atribuição de símbolos por Dalton. Essa falta de

conexão pode comprometer a compreensão dos alunos sobre a teoria atômica e a importância dos símbolos atômicos na representação dos elementos químicos. Seria necessário estabelecer uma relação mais clara entre o texto e a imagem, explicando de forma explícita o papel dos símbolos propostos por Dalton.

O uso das imagens de átomos, compostos e símbolos dos elementos pode contribuir para a compreensão dos conceitos discutidos, pois permite a visualização hipotética de coisas abstratas e como se relacionam, de uma forma esquemática (CARNEIRO-LEÃO *et al*, 2017).

Os livros LD3 e LD4 representam o modelo atômico de Dalton de modo esquemático, como uma bola esférica colorida. Associar o modelo de Dalton com uma bola de bilhar, pode levar a uma concepção pouco crítica acerca das principais características dos átomos atribuídas por Dalton é serem sólidos e maciços. Nenhum dos livros menciona ou representa a esfera de calórico que envolvia os átomos de Dalton.

Os livros LD6 e LD7 usam a representação (bola esférica colorida) do modelo de átomo de Dalton para demonstrar sua utilização em conceitos químicos. O LD6, faz uso da representação do átomo de Dalton para representar reações químicas. O LD7, representa substâncias simples e substâncias compostas de acordo com a teoria de Dalton.

No LD5, não há nenhuma representação do modelo atômico de Dalton. Essa ausência pode afetar a aprendizagem, pois o uso das imagens de átomos, compostos e símbolos dos elementos pode contribuir para a compreensão dos conceitos discutidos, visto que permite a visualização hipotética de coisas abstratas e como se relacionam, de uma forma esquemática (CARNEIRO-LEÃO *et al*, 2017).

Os livros LD1, LD3 e LD6, apresentam uma imagem do próprio Dalton. No entanto, a representação da imagem de Dalton, não exerce uma influência significativa na construção dos conceitos, pois ela é meramente ilustrativa.

Embora as imagens e esquemas possam contribuir para a compreensão dos conceitos (CARNEIRO-LEÃO *et al*, 2017), é importante considerar a precisão dessas representações, bem como os possíveis equívocos que podem surgir ao associar imagens simplificadas, como a bola de bilhar, ao modelo atômico de Dalton. Além disso, a ausência de representações visuais do modelo de Dalton, como acontece no LD5, pode representar uma perda de oportunidade de oferecer contribuições para a aprendizagem uma vez que a visualização das representações na apresentação da informação histórica pode ser relevante para a compreensão dos conceitos científicos (WARTHA; REZENDE, 2017).

Quadro 8 – Contexto relevante para a produção do conhecimento.

Contexto relevante para a produção do conhecimento	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Científico	X		X	X	X	X	X
Nenhum		X					

Fonte: os autores (2022).

A maioria dos autores dos livros didáticos relacionam as informações históricas apenas com o contexto científico. Isso significa que a informação histórica acaba sendo relacionada somente a outras ideias dentro da própria ciência.

Geralmente, livros didáticos não apresentam uma abordagem de história das ciências que destaque influências sociais, culturais, políticas e econômicas (HÖTTECKE; SILVA, 2011). Demonstrar os contextos em que a ciência se desenvolve é interessante para a desconstrução de mitos que se desenvolvem acerca do conhecimento científico (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Um dos objetivos de incluir a história da ciência no ensino é possibilitar a compreensão que o desenvolvimento da ciência é influenciado por diferentes contextos. Oportunizando aos estudantes uma visão mais ampla da ciência. Assim a ciência torna-se mais próxima dos estudantes, conseqüentemente, mais atraente (JUSTI; GILBERT, 2000).

Analisando os livros didáticos, notamos que no LD1, apenas enfatizam que o modelo atômico de Dalton foi apresentado a comunidade científica, sem entrar em detalhes sobre qual era o contexto científico. No LD2, não mencionam nenhum dos contextos em que Dalton desenvolveu sua teoria. No LD3, há uma tentativa de relacionar a teoria de Dalton com o contexto científico, destacando que a hipótese do cientista foi aderida por Berzelius. Também menciona que Dalton utilizou sua hipótese atômica para explicar as leis ponderais formuladas por Lavoisier e Proust. No entanto, é importante salientar que, no "*New System of Chemical Philosophy*", Dalton não fez nenhuma afirmação sobre essa relação.

No LD4, é citado que Dalton estava estudando os gases, o que pode ser considerado um aspecto do contexto científico em que ele estava inserido. No entanto, não são apresentados outros detalhes relevantes sobre esse contexto.

No LD5, para relacionar com o contexto científico, é mencionado apenas que Lavoisier fazia parte do mesmo contexto que Dalton. No LD6, os autores destacam que John Dalton influenciou diversas áreas das ciências. Embora seja válido ressaltar sua influência, seria interessante destacar mais o contexto científico em que ele estava.

No LD7, é enfatizado o contexto científico ao afirmar que as hipóteses de Dalton foram aceitas pela comunidade científica. Embora seja um aspecto relevante, também seria relevante destacar mais informações sobre como essa aceitação ocorreu e qual foi o impacto na época.

Em geral, os livros didáticos analisados apresentam apenas o contexto científico, mas é uma apresentação superficial, não aprofundam as relações entre Dalton e seu contexto científico. Uma abordagem que incluísse os contextos tecnológico, social, político e religioso poderia enriquecer a compreensão dos alunos sobre a produção do conhecimento científico e facilitar o entendimento de como Dalton desenvolveu sua teoria atômica.

Os contextos sociais e culturais de cada época influenciam a ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012). Apresentar as dimensões da ciência para os alunos, é atraente porque a dimensão humana é destacada e a sociedade influencia na construção do conhecimento científico (WHITAKER, 1979b). Entender os contextos nos quais a ciência se desenvolve, pode envolver os alunos no desenvolvimento dos processos científicos a partir de uma perspectiva mais crítica (KAFAI; SWETLAND, 2001).

Quadro 9– Bibliografia.

Bibliografia	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Fontes secundárias	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: os autores (2022).

No LD1, observamos uma dificuldade para o leitor deste livro em relação à forma como a bibliografia é apresentada. Embora haja uma lista de referências no final do livro, não é especificado quais referências foram utilizadas em cada capítulo. Isso compromete a identificação das fontes utilizadas na construção do conteúdo relacionado ao modelo atômico de Dalton. Além disso, ao analisar a bibliografia, não se encontra qualquer referência específica sobre o modelo atômico de Dalton, o que levanta questionamentos sobre a confiabilidade das fontes consultadas.

No LD3, encontramos como referências para o conteúdo átomo, o livro de química geral de Atkins e o artigo de Mortimer sobre concepções atomistas dos estudantes. A ausência de referências específicas sobre o modelo atômico de Dalton evidencia uma lacuna na apresentação do tema. A falta de referências primárias ou trabalhos específicos podem deixar de proporcionar aos alunos uma visão mais embasada e completa sobre o tema.

No LD4, a falta de referências sobre o modelo atômico de Dalton é novamente notável. Os autores baseiam-se principalmente em livros de química geral como fonte, o que não proporciona uma abordagem específica sobre esse tema. Embora sugiram o artigo de Viana (2009) como leitura complementar, que trata do processo de elaboração da teoria atômica de Dalton, há uma lacuna em relação às referências utilizadas para abordar o conteúdo histórico no livro didático, visto que se limitam apenas a referências de química geral. Isso pode comprometer a compreensão dos estudantes sobre a importância e as contribuições específicas de Dalton para o desenvolvimento da teoria atômica.

Nos LD5 e LD6, a dependência de livros de química geral como referência para abordar o modelo atômico de Dalton indica uma carência de materiais específicos sobre o conteúdo. Isso pode resultar em uma abordagem superficial sobre o tema.

No LD2, citam apenas uma fonte secundária de história da química ao abordar o modelo atômico de Dalton o artigo de Filgueiras (2004). No LD7, embora utilizado como referência um artigo sobre o desenvolvimento da teoria atômica que inclui Dalton, notamos a ausência de fontes primárias e trabalhos específicos sobre o modelo atômico de Dalton.

Notamos que todos os livros didáticos utilizam fontes secundárias para abordar o modelo atômico de Dalton e as fontes secundárias utilizadas geralmente abordam o conteúdo átomo e não são específicas sobre o modelo atômico de Dalton. Quando referências gerais são utilizadas, as histórias contadas são superficiais (WHITAKER, 1979b). Com isso, a compreensão sobre o modelo atômico de Dalton, pode ser comprometida.

Historiadores e filósofos não são usados como referências pelos autores dos livros didáticos (HOTTECKE; SILVA, 2011). É preocupante como a história apresentada nos livros didáticos distancia-se da história da ciência (KAFAI; SWETLAND, 2001). O estudo de KAFAI; SWETLAND (2001) defende que fontes primárias podem servir de referências para as aulas de ciências.

3.5 CONCLUSÃO

Ao analisar sete livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do Programa Nacional do Livro Didático 2021 em relação ao conteúdo do modelo atômico de Dalton, utilizando dimensões de análise dos livros didáticos sob a perspectiva histórica, constatamos lacunas significativas no conteúdo histórico apresentado. Dos sete livros analisados, apenas dois destacaram brevemente as motivações dos cientistas, enquanto a maioria não abordou esse aspecto.

Além disso, mais da metade dos livros analisados mencionaram pelo menos um problema que Dalton enfrentou durante a construção de seu modelo atômico, porém outros problemas relevantes foram omitidos. Essa omissão pode levar os estudantes a acreditarem que a ciência é realizada apenas por gênios e não envolve um processo de investigação e solução de problemas.

Todos os livros analisados apenas mencionaram as ideias científicas de Dalton, sem descrevê-las. Essa abordagem pode dificultar a compreensão dos estudantes sobre o processo pelo qual essas ideias foram formuladas, não transmitindo criticamente a natureza e a evolução do pensamento científico. Isso pode levar os alunos a desenvolverem uma visão menos crítica de que a ciência se desenvolve rapidamente e de forma genial.

Apenas dois livros apresentaram a ideia de progresso da ciência com rupturas, enquanto os demais reforçaram a ideia de que o progresso científico é acumulativo. Acreditamos que a história da ciência deveria ser apresentada de forma mais verossímil, para que os estudantes compreendam como os conceitos foram desenvolvidos.

A maioria dos livros destacou que Dalton trabalhou individualmente na construção de seu modelo atômico, com exceção de um. Essa abordagem pode limitar a compreensão dos estudantes sobre a natureza coletiva e progressiva da ciência. No entanto, é importante ressaltar que Dalton se baseou nas contribuições de estudiosos anteriores e contemporâneos.

Apenas dois livros utilizaram reproduções de fontes históricas, enquanto a predominância foi a abordagem histórica cronológica. No entanto, a apresentação superficial das informações históricas pode não contribuir efetivamente para a aprendizagem dos alunos.

A maioria dos autores dos livros relacionou as informações históricas apenas com o contexto científico, deixando de lado a influência de diferentes contextos no desenvolvimento

da ciência. Um dos objetivos de incluir a história da ciência no ensino é possibilitar a compreensão de que o desenvolvimento científico é influenciado por esses contextos diversos.

Notamos que todos os livros utilizaram fontes secundárias para abordar o modelo atômico de Dalton, geralmente fontes secundárias que abordam o conceito de átomo em geral, e não especificamente o modelo atômico de Dalton. Essas abordagens superficiais podem comprometer a compreensão do modelo atômico de Dalton pelos estudantes.

O PNLD exige que os livros didáticos utilizem a história da ciência; entretanto, as informações históricas encontradas nos livros didáticos analisados pouco contribuem para auxiliar na construção de conceitos pelos estudantes. Compreender o desenvolvimento histórico de um conceito é fundamental para a compreensão de um conceito teórico (MATTHEWS, 1995).

Deve-se evitar em materiais didáticos conceitos pouco fundamentados. Ao utilizar a história da ciência no ensino de ciências é importante que ela forneça noções mais críticas sobre a construção da ciência (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012).

Concluimos que os livros didáticos analisados neste trabalho carecem de uma melhor abordagem sobre o MAD numa perspectiva histórica, de forma crítica e problematizadora, enfatizando que o conhecimento científico é desenvolvido por meio da investigação e solução de problemas.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N.; BENEDETTI, I. C. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ALBUQUERQUE, T. C. C. *et al.* **O uso de imagens em sala de aula**: as concepções de professores e estudantes da licenciatura em Ciências Biológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinário, p. 2361-2365, 2017.

ANDERSON, D. E. The Paradox of Parmenides. **The Southern Journal of Philosophy**, v. 1, n. 3, p. 20-29, 1963.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. *et al.* **O uso de imagens em sala de aula**: as concepções de professores e estudantes da licenciatura em Ciências Biológicas. 2017.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**. New York: Philosophical Library, 1964. v. 1.

DALTON, J. Experimental Essays On the Constitution of mixed Gases; on the Force of Steam or Vapour from Water and other Liquids in different temperatures, both in a Torricellian Vacuum and in Air; on Evaporation; and on the Expansion of Gases by heat. **Biodiversity Heritage Library**, v. 5, p. 535-602, 1798.

DALTON, J. New theory of the constitution of mixed gases elucidated. **Philosophical Magazine Series 1**, v. 14, n. 54, p. 169-173, 1802.

DALTON, J. Mr. Gougy's Two Essays on the Doctrine of Mixtures and on Professor Scumipy's Experiments on the Expansion of Dry and Moist Air by Heat. **Memoirs of the literary and philosophical society of Manchester**, 2. série, v. 1, Manchester, 1805.

EDITAL DE CONVOCAÇÃO Nº 03/2019 – CGPLI - Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o programa nacional do livro e do material didático PNLD 2021. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 38-44, 2004.

FLEMING, R. S. Newton, gases, and Daltonian chemistry: The foundations of combination in definite proportion. **Annals of Science**, v. 51, n. 4, p. 337-350, 1994.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. de A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, p. 657-682, 2012.

FORATO, T. C. M. História e Natureza das Ciências: Elementos Implementados na Formação de Professores. *In*: SILVA, A. P. B.; MOURA, B. A. (ed.). **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos**: contribuições da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2019. p. 227-263.

GATTO, M. A.; SUART JÚNIOR, J. B.; STANZANI, E. D. L. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **ACTIO Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 366-400, 2017.

GIL PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOMES, G. L. O atomismo segundo Aristóteles: pluralismo ou monismo? **PHAINE: Revista de Estudos sobre Antiguidade**, v. 2, n. 3, p. 56-79, 20 dez. 2017.

GOODAY, G. *et al.* Does Science Education Need the History of Science? **Isis**, v. 99, n. 2, p. 322-330, jun. 2008.

GREENBLATT, S. **A virada**: o nascimento do mundo moderno. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

GROSSMAN, M. I. John Dalton's "Aha" Moment: the Origin of the Chemical Atomic Theory. **Ambix, ahead of print**: ahead of print, p. 1-23, 2021.

HIDALGO, J. M.; QUEIROZ, D. de M.; OLIVEIRA, M. C. J. de. A História da Ciência no PNL2018: o Princípio de Arquimedes como estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 1251-1281, 2021.

HOSSON, C.; KAMINSKI, W. Historical Controversy as an Educational Tool: Evaluating elements of a teaching-learning sequence conducted with the text "Dialogue on the Ways that Vision Operates", **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 5, p. 617-642, 2007.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy. **Science & Education**, v. 20, n. 3, p. 293-316, 2011.

JUSTI, R.; GILBERT, J. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of "the atom". **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 993-1009, set. 2000.

KAFAI, Y. B.; GILLILAND-SWETLAND, A. J. The use of historical materials in elementary science classrooms. **Science Education**, v. 85, n. 4, p. 349-367, 2001.

KEDROV, B. M. Dalton's Atomic Theory and Its Philosophical Significance. **Philosophy and Phenomenological Research**, v. 9, n. 4, p. 644-662, 1949.

KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

LEITE, L. History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. **Science & Education**, Dordrecht, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.

LIN, H.; CHEN, C. C. Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 9, p. 773-792, 18 out. 2002.

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

MOURA, C.; GUERRA, A. **Modelos Atômicos da virada do século XIX para o século XX**: um resgate de personagens para discutir aspectos sobre Natureza da Ciência. 2014.

NASH, L. K. The origin of Dalton's chemical atomic theory, **Isis**, v. 47, p. 101-116, 1956.

NEWTON, I. **Óptica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

OKI, M. C. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. A história da ciência no ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da ciência. *In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 2011, 8., Campinas. **Anais [...]**. Campinas: 2011.

PENA, F.; TEIXEIRA, E. Parâmetros para avaliar a produção literária em História e Filosofia da Ciência voltada para o ensino e divulgação das ideias da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, 2013.

PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 19-24, 2018.

PIMENTEL, LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS: A FÍSICA E ALGUNS PROBLEMAS. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3: p. 308-318, 2006.

PORTO, C. História da Física e Ciências Afins. **O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno (Greek atomism and the formation of modern physical thought)**, v. 35, p. 4601, 2013.

ROCHA, G. R. **A história do atomismo**: a construção e a desconstrução de uma imagem sintático-semântica do conhecimento científico. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ROCKE, A. J. In search of El Dorado: John Dalton and the origins of the atomic theory. **Social Research**, v. 72, p. 125-158, 2005.

SARMENTO, A. C. de H. **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: <https://ppgefhc.ufba.br/pt-br/como-ensinar-citologia-e-promover-uma-visao-informada-da-ciencia-no-nivel-medio-de-escolaridade>. Acesso em: 14 jun. 2022.

SILVA, J. C. S. *et al.* O livro didático promovendo a argumentação nas aulas de química no ensino médio. CONEDU. IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2017. **Anais [...]**. 2017.

SILVA, J. L. P. B. História das Ciências e Didática. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 25, p. 390-409, 2022.

SIMÕES, E. O atomismo epicurista de Pierre Gassendi contra o substancialismo aristotélico e a metafísica de René Descartes. **Revista Perspectiva Filosófica**, v. 49, n. 2, p. 190-214, 2022.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JÚNIOR, O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. *In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (org.). Temas de história e filosofia da ciência no ensino*. Natal: EDUFRN, 2012. p. 9-40.

THACKRAY, A. W. The emergence of Dalton's chemical atomic theory: 1801-08. *Isis*, v. 55, n. 2, p. 153-180, 1964.

THACKRAY, A. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory. *Isis*, v. 57, n. 1, p. 41-61, 1966.

VIANA, H. E. B. **A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso: e algumas reflexões para o ensino de química**. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Química Nova na Escola**, n. 21, p. 4-12, 2007.

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

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. de B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. **Educação Química em ponto de vista**, v. 1, n. 1, 2017.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education. I. **Physics Education**, v. 14, n. 2, p. 108-112, 1º mar. 1979a.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education - part 2. **Physics Education**, v. 14, n. 4, p. 239-242, 1º maio 1979b.

ZATERKA, L. Alguns aspectos da teoria da matéria: atomismo, corpuscularismo e filosofia mecânica. *In: SILVA, C. C. (org.). Estudos de História e Filosofia das Ciências*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. v. 1. p. 329-352.

ZWIER, K. R. John Dalton's Meteorological Observations and Essays: A Critical Edition. University of Mancheste. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 42, p. 59-66, 2011.

4 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO PNLD 2021 QUANTO À ARGUMENTAÇÃO SOBRE O MODELO ATÔMICO DE DALTON

RESUMO

Considerando que a presença da argumentação nos materiais didáticos é de fundamental importância na apresentação de conteúdos, contribuindo para a sua compreensão, neste artigo analisamos aspectos argumentativos envolvidos no modelo atômico de Dalton (MAD) de sete livros didáticos de ciências da natureza, aprovados pelo PNLD 2021. Utilizamos o Padrão Argumentativo de Toulmin (PAT) como instrumento de análise. Analisamos sete obras, considerando que a presença da argumentação nos materiais didáticos é de fundamental importância na apresentação de conteúdos, contribuindo para a sua compreensão. De maneira geral, os livros didáticos podem ser agrupados em três categorias: (A) aqueles que apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT e do conteúdo do MAD; (B) aqueles que não apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT e do conteúdo do MAD; (C) aqueles que apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT, mas não, do conteúdo do MAD. Concluímos que a maioria dos livros se encontram na categoria (B) e indicam que parecem ser de pouca contribuição para a compreensão do modelo atômico de Dalton e para o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos estudantes sobre o tema.

Palavras-Chave: Argumentação. Livros didáticos. Modelo atômico de Dalton.

4.1 INTRODUÇÃO

Em química, um dos conceitos essenciais é o conceito de átomo (EICHLER *et al*, 2000). A ideia de átomo é crucial para a compreensão de conceitos fundamentais da química, como a constituição da matéria, valência, estrutura molecular, ligação química, reações químicas, entre tantos outros (PEREIRA; SILVA, 2018).

A novidade da teoria atômica de Dalton não foi atribuir pesos às partículas, na visão newtoniana esta característica já estava presente. A originalidade de Dalton foi a atribuição de um sistema de pesos atômicos vinculado a regras de combinação química, estabelecendo a primeira ligação entre a teoria da estrutura da matéria e a sua composição experimental (THACKRAY, 1964; KEDROV, 1949).

Além disso, Dalton, atribuiu, símbolos aos átomos, representou-os por círculos contendo pontos, traços e círculos menores. Para representar as substâncias compostas, combinava os símbolos que atribuía aos átomos (OKI, 2009). Portanto, o modelo atômico de Dalton é muito relevante no ensino de química, uma vez que seus estudos conduziram para aspectos quantitativos da constituição atômica da matéria.

Com base na revisão sistemática realizada anteriormente (os autores, s. d.), conduzida para investigar como o modelo de Dalton tem sido proposto para ensino na educação básica, identificamos os sucessos e limitações das propostas existentes. Durante essa análise, notamos uma lacuna significativa em relação aos estudos sobre o uso da argumentação no ensino desse modelo. Embora a argumentação seja uma das estratégias mais comumente empregadas, sua aplicação específica no contexto do modelo atômico de Dalton carece de mais pesquisas. Diante deste cenário, decidimos direcionar nossa análise para a investigação da argumentação presente nos livros didáticos em relação ao modelo atômico de Dalton. Entendemos que a ciência é construção e que a argumentação é essencial nesse processo. Os cientistas constantemente utilizam a argumentação para defender suas ideias. A argumentação é relevante não apenas na ciência, mas também no ensino de ciência (JUSTI; MENDONÇA, 2013), pois possibilita aos estudantes a compreensão de conceitos por meio da discussão das linhas de pensamento dos cientistas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000). As pesquisas sobre o papel da argumentação no ensino de ciências têm mostrado que as atividades de natureza argumentativa têm sido mais consideradas nas salas de aula de ciências, embora ainda haja uma escassez de trabalhos sobre esse tema (TEIXEIRA; FREIRE JÚNIOR.; GRECA, 2015).

No ensino de ciências, o livro didático é um recurso muito utilizado por professores e alunos na educação básica (SOUZA; NUNES, 2021). Tanto professores como alunos acabam se baseando apenas nos escritos dos livros didáticos para a compreensão de algumas teorias (SOARES *et al*, 2017). Normalmente, os livros didáticos referem-se de modo fragmentado ao modelo atômico de Dalton, não apresentam os problemas que deram origem a este modelo, assim como os raciocínios que justificaram cada tentativa de solução desses problemas ao longo do tempo, mesmo sendo um modelo de átomo relevante para o ensino de química (GATTO; STANZANI, 2017). Contudo, alguns autores defendem que o livro didático pode contribuir para que a argumentação seja efetiva nas aulas de química e as habilidades argumentativas podem ser desenvolvidas na sala de aula utilizando o livro didático como recurso (SILVA *et al*, 2017). O livro didático pode fornecer textos com argumentos bem estruturados para que a

argumentação seja efetiva nas aulas de química. Frente a duas posições divergentes, surge a necessidade de realizar a análise dos LD. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar como os livros didáticos de ciências da natureza, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, abordam o modelo atômico de Dalton quanto aos seus aspectos argumentativos.

Para tanto, analisamos o teor argumentativo presente no conteúdo relativo ao modelo atômico de Dalton dos sete livros didáticos de ciências da natureza aprovados pelo PNLD 2021. Para as análises, nos apoiamos nas ideias de Toulmin (2006).

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

4.2.1 Argumentação no ensino de ciências

No ensino de ciências, muitos pesquisadores utilizam a argumentação buscando melhorias na compreensão do conhecimento científico (por exemplo, DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000; NEWTON; OSBORNE, 2000; QUEIROZ; SÁ, 2007; TEIXEIRA; FREIRE JÚNIOR; GRECA, 2015). Mas o uso da argumentação em sala de aula ainda é raro, mesmo que os trabalhos sobre argumentação tenham crescido nas últimas décadas (QUEIROZ; SÁ, 2011; TEIXEIRA; FREIRE JÚNIOR; GRECA, 2015).

A argumentação está inclusa nas práticas envolvidas na construção do conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCOS, 2015). Aprender ciências com argumentação pode facilitar o entendimento de como a ciência é construída, permitir aos alunos ouvir novas ideias que estendem seu conhecimento existente, além de possibilitar uma compreensão mais segura de conceitos (CROSS; HICKEY, 2008).

Consideramos que discutir um argumento científico deve fazer parte da vida acadêmica dos alunos. Na educação básica, é consensual entre pesquisadores que, para o entendimento de conceitos científicos, a argumentação é necessária, visto que, se os cientistas constroem seus conceitos de forma argumentativa o ensino desses conceitos deveria ser da mesma forma (OROFINO; TRIVELATO, 2015).

Desta maneira, o docente não precisa apresentar explicações prontas, mas mediar o processo de construção de conceitos e desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes, estimulando neles a capacidade de pensar criticamente. Entretanto, geralmente o ensino de ciências é visto como uma retórica de respostas corretas, ou seja, um discurso escrito ou falado no qual a ciência é transmitida como verdade absoluta (JUSTI; MENDONÇA, 2013).

Pesquisadores afirmam que o ensino baseado na argumentação pode proporcionar aos estudantes uma visão de ciências, na qual, para os conceitos serem elaborados é preciso argumentar. Deste modo, o ensino passa a destacar como as pessoas pensam e não apenas o que pensam. Além disso, é possível identificar por que um pensamento demonstrou ser mais persuasivo que outro no processo de elaboração de conceitos científicos (JUSTI; MENDONÇA, 2013).

Geralmente, os conceitos científicos são apresentados aos estudantes como um conjunto de conclusões que precisam ser memorizadas, e eles acabam criando uma visão de ciências que é feita por gênios que concluem algo, desvalorizando o processo de construção de conhecimentos. Estudos demonstram que, com o uso da argumentação, pode-se possibilitar aos alunos uma visão de ciências em desenvolvimento, que é construída e está sujeita a transformações (CROSS, 2008). Utilizar a argumentação para entender a construção dos conceitos pode tornar a ciência mais acessível para os estudantes e os aproximar da prática argumentativa.

O livro didático é um importante recurso para que professores e professoras de todas as áreas desenvolvam seu trabalho nas escolas de Educação Básica (PNLD, 2018). Nos materiais didáticos, é de fundamental importância a presença da argumentação na exposição de conteúdos, pois esses materiais são textos com os quais os alunos têm contato frequente. Podem perceber a argumentação como base para o desenvolvimento de conceitos científicos quando nesses materiais conseguirem demonstrar explicitamente que o conhecimento científico é fruto de um processo de construção de pensamentos, confrontos e avaliações.

Considerando esse contexto, entendemos a importância de os livros didáticos apresentarem argumentação de qualidade, é essencial que ofereçam conteúdos argumentativos bem fundamentados. Nesse sentido, acreditamos que uma análise crítica dos livros didáticos, com foco na argumentação, se faz necessária.

O edital do PNLD 2021 (EDITAL PNLD, 2021) para avaliação das obras solicita que os sete volumes de cada área do conhecimento devem ser completos e abordar de maneira

equânime, em conformidade com a BNCC, as competências gerais, específicas e habilidades de cada área do conhecimento. A competência de número 7 (argumentação) é uma das dez competências gerais da base nacional comum curricular (BNCC).

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (BRASIL, 2018, p. 9).

Assim sendo, decidimos analisar a argumentação presente nos livros didáticos no que se refere ao modelo atômico de Dalton. Utilizaremos o Padrão Argumentativo de Toulmin (PAT) para analisar os argumentos presentes no conteúdo modelo atômico de Dalton nos livros didáticos de Ciências da Natureza da primeira série do ensino médio da educação básica.

No entanto, reconhecemos que o instrumento de Toulmin, muito utilizado no ensino de ciências para estruturar e analisar argumentos, apresenta algumas limitações. Sua complexidade pode dificultar a compreensão e aplicação dos diferentes elementos pelos estudantes. O destaque para a estrutura lógica dos argumentos pode inibir outros aspectos importantes, como questões contextuais (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2014; VIEIRA; NASCIMENTO, 2008).

4.3 O PADRÃO ARGUMENTATIVO DE TOULMIN (PAT)

4.3.1 Estrutura de um argumento

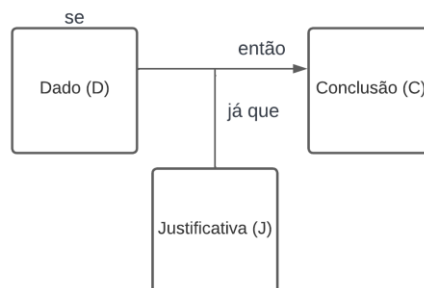
Segundo Silva (2012), um argumento que possui todas as características necessárias para sustentar uma conclusão é considerado um bom argumento. A utilização da estrutura de Toulmin como padrão de análise permite identificar os elementos que compõem o argumento e compreender a função de cada um deles.

Escolhemos o padrão de Toulmin, porque sua estrutura clara e sistemática, permite uma análise detalhada dos elementos argumentativos. Além disso, pesquisadores no ensino de ciências têm utilizado bastante o instrumento para avaliar a argumentação (OSBORNE; SIMON; ERDURAN, 2004; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000b;

PENHA; CARVALHO, 2015; QUEIROZ; SÁ, 2011). O padrão de Toulmin pode ser utilizado para desenvolver e avaliar um argumento (TEIXEIRA; FREIRE JÚNIOR; GRECA, 2015).

Para Toulmin, para a construção de um argumento válido são precisos, pelo menos, três elementos (ver Figura 1): dado (s) (D), justificativa (J) e conclusão (C). Esse padrão argumentativo de Toulmin, pode ser representado por:

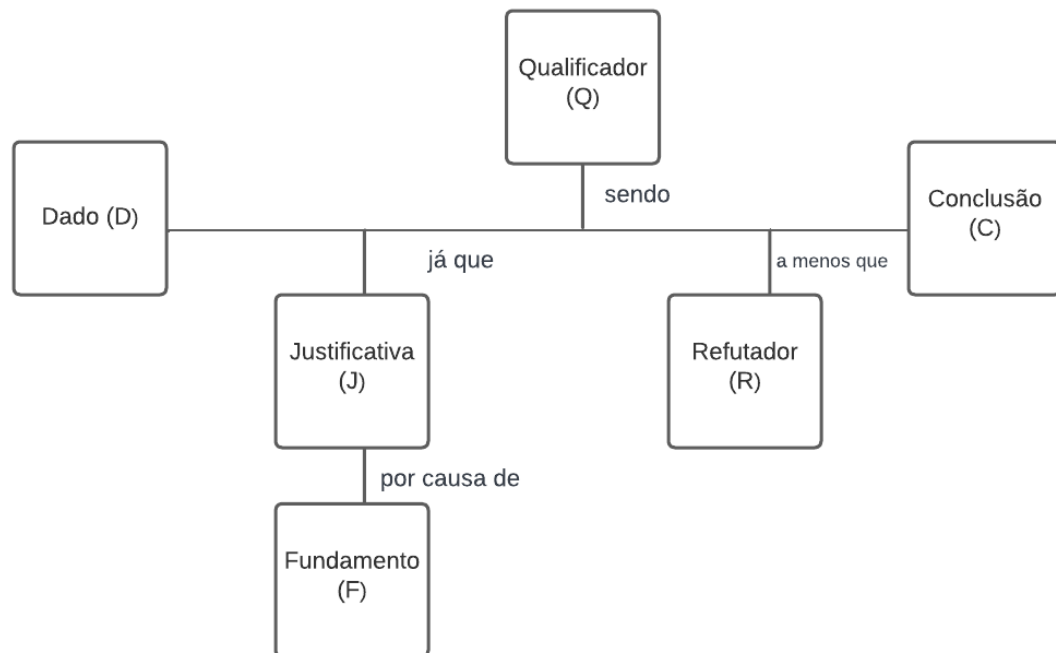
Figura 1 – Padrão de Toulmin para a argumentação (dado, justificativa e conclusão).



Fonte: Toulmin (2006, p. 143).

Um argumento pode apresentar mais três elementos, o fundamento, o qualificador e a refutação. Ao apresentar seis elementos, um argumento é considerado completo.

Figura 2 – Padrão Completo de Toulmin para a argumentação.



Fonte: Toulmin (2006, p. 150).

Desse modo, de acordo com o padrão de Toulmin (2006), um argumento é constituído por seis componentes (ver figura 2): Dado (D): Geralmente, são afirmativas; Conclusão (C): É o objetivo do argumento; Justificativa (J): É uma afirmativa que justifica a passagem dos dados para a conclusão; Fundamento (F): É o respaldo para a justificativa; Qualificador (Q): Caracteriza a conclusão. Detalha as condições em que as justificativas são válidas; Refutação (R): Detalha quando a justificativa não é válida para justificar a conclusão.

4.4 MODELO ATÔMICO DE DALTON: O CONTEÚDO DA ARGUMENTAÇÃO

Dalton não concebeu os átomos de modo independente, mas aprendeu tal conceito pelo estudo. No seu processo educacional, Dalton estudou Filosofia Natural, tanto que, aos 13 anos, participava da divulgação da mecânica newtoniana, astronomia e meteorologia (THACKRAY, 1970). Em *Meteorological Observations and Essays*, considerada a primeira publicação científica de Dalton (HENRY, 1854), o termo partícula foi citado várias vezes, relativo a corpos em geral, vento, água líquida, neve e vapor, ar. Na primeira citação, na seção intitulada *Of the thermometer*, o termo partícula é associado a “Newton e alguns outros” (DALTON, 1793). No

New System of Chemical Philosophy (DALTON, 1808-1810), obra na qual sua teoria atômica foi apresentada de modo sistemático pela primeira vez, o nome de Newton também é vinculado às partículas materiais. Portanto, podemos concluir, juntamente com outros autores (ROCKE, 2005; THACKRAY, 1970), que Dalton adotou como ponto de partida as ideias de Isaac Newton acerca da natureza corpuscular da matéria.

No início do século XIX, Dalton propôs sua teoria atômica, que trouxe avanços significativos para a compreensão dos átomos. Embora a ideia de átomos já fosse discutida desde a antiguidade clássica, Dalton foi pioneiro ao permitir a utilização de conceitos teóricos em atividades práticas, como mencionado por Filgueiras (2004). Esse avanço foi fundamental para o desenvolvimento da química ao longo do século XIX, estabelecendo o modelo atômico de Dalton (MAD) como base. Além disso, os estudos de Dalton na área de meteorologia e gases atmosféricos levaram-no a aplicar a ideia de átomos para explicar as misturas gasosas, conforme apontado por Oki (2009) e Viana e Porto (2007).

Newton propunha que as partículas que formavam a matéria eram sólidas, duras, impenetráveis e, quando móveis, essas partículas estavam sujeitas a leis da natureza associadas à inércia, à gravidade, à coesão, à fermentação (NEWTON, 1704). Dalton se apropriou das ideias de Newton, acerca da natureza corpuscular da matéria, utilizando-as e agregando-lhes outras.

Podemos dizer que parte do modelo de Dalton consiste em afirmar que: todos os corpos são constituídos por pequenas partículas (partículas últimas) ou átomos; nos corpos, os átomos interagem por forças de atração e repulsão; os átomos têm atração pelo calor; cada átomo possui um centro sólido envolto com uma atmosfera de calor que lhe confere uma forma globular; os átomos das substâncias simples são simples e de apenas um tipo; os átomos das substâncias compostas são compostos por átomos simples de mais de um tipo, em proporções constantes; os átomos de substâncias diferentes possuem propriedades diferentes. Dalton representou os átomos simples por círculos com marcas específicas e os átomos compostos por combinações dos símbolos dos átomos simples conforme apresentado na Figura 3 (DALTON, 1808).

Desde a antiguidade clássica, se usava a ideia de átomo, mas se tratava de investigações abstratas e a teoria daltoniana possibilitou a utilização de conceitos teóricos em atividades práticas (FILGUEIRAS, 2004). Consequentemente, o desenvolvimento da química, ao longo do século XIX, deveu muito ao modelo atômico de Dalton.

Acreditamos que o MAD é um dos alicerces da química e foi fundamental para o seu desenvolvimento (FILGUEIRAS, 2004). Portanto, compreender os conceitos referentes ao modelo atômico de Dalton é primordial para o ensino de química (GATTO; STANZANI, 2017).

4.5 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa. O pesquisador qualitativo preocupa-se tanto com o produto como com o processo e a sua fonte de dados é o ambiente natural, evitando influência do contexto na investigação (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Este trabalho analisa como os livros didáticos de ciências da natureza, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021, abordam o modelo atômico de Dalton quanto aos seus aspectos argumentativos. Sabemos que, no Brasil, existem vários livros didáticos que abordam o conteúdo escolhido. No entanto, os livros que são distribuídos gratuitamente nas escolas públicas em todo o território nacional são os livros do PNLD. A escolha pelo PNLD mais recente se deu por conta da necessidade de analisar os LD em função da fragmentação argumentativa configurada em leituras prévias e da necessidade de analisar os LD recentes em função da mudança que pode ter sido provocada nos LD pela BNCC e pelo novo ensino médio (BRASIL, 2017), uma vez que este é o documento principal que conduziu ao edital do PNLD 2021 (BRASIL, 2021).

Quadro 1 – Livros selecionados.

Código de identificação	Referências
LD1	SANTOS, K. C. <i>et al.</i> Diálogo: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD2	ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. <i>et al.</i> Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: SM educação, 2020.
LD3	MORTIMER, E. <i>et al.</i> Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Scipione, 2020.
LD4	GODOY, L.; DELL, R. M.; MELO, A. W. Matéria, energia e a vida: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: FTD, 2020.
LD5	LOPES, S.; ROSSO, S. Evolução e Universo: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD6	NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.
LD7	DO CANTO, E. L.; LEITE, E. C. C. Moderna Plus: O conhecimento científico. Ciências da Natureza e suas tecnologias. São Paulo: Moderna, 2020.

Fonte: os autores (2022).

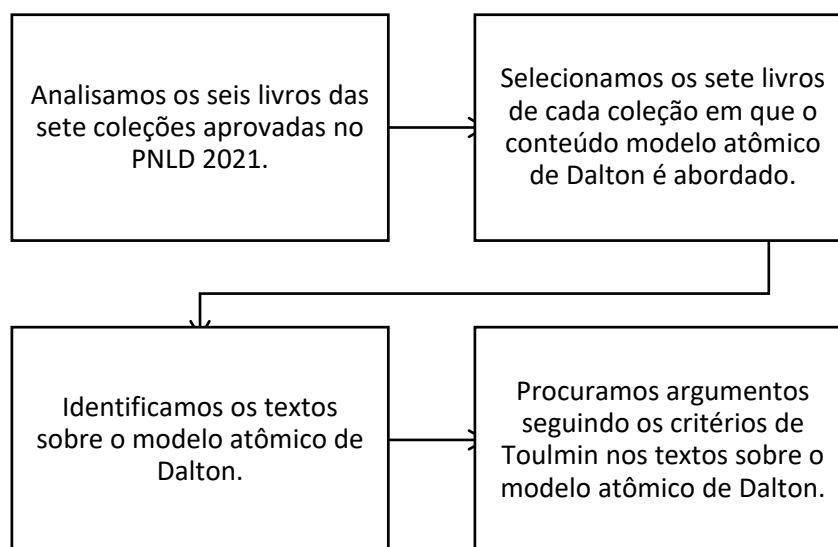
Cada coleção agrupa seis volumes temáticos para as três séries do ensino médio, que funcionam de maneira independente e não sequenciais. Cabe ao professor selecionar qual será utilizado e em qual período. Os livros são organizados com o objetivo de que os estudantes desenvolvam habilidades e competências propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Procuramos textos sobre o modelo atômico de Dalton em todas as coleções, por meio da palavra de busca Dalton. Selecionamos o volume de cada coleção no qual o termo Dalton aparece mais vezes, porque verificamos que essa quantidade indica o volume no qual o assunto é abordado mais extensamente. Nas demais partes, são apenas breves citações, visto que os volumes funcionam de maneira independente e não sequenciais.

Procuramos identificar os argumentos nos textos selecionados. Iniciamos procurando a conclusão com marcadores argumentativos de conclusão, como: portanto, enfim, por isso, logo etc. Ao identificarmos a conclusão, procuramos pelos outros elementos do padrão argumentativo de Toulmin: justificativa, dados, fundamento, qualificador, refutador. Quando não encontrávamos esses elementos postos de modo contíguo, procurávamos identificar conexões entre as diversas partes do texto, na tentativa de identificar a formação de algum argumento.

Procuramos também por atividades sobre o modelo atômico de Dalton nesses livros didáticos a fim de identificar questões que incentivassem a argumentação, questões argumentativas, que utilizassem palavras do tipo, justifique, por que, explique etc. Ou seja, questões que exigissem justificativas dos estudantes. Estamos considerando como questões argumentativas, as questões que possibilitam os estudantes a: 1) explicitações de diferentes pontos de vista; 2) crítica mútua de posicionamentos; 3) tomadas de consciência dos alunos sobre suas próprias ideias e suas lacunas e inconsistências; 4) tensões e negociações entre os domínios de conhecimento cotidiano e de conhecimento científico; 5) explicitação, construção e reconstrução do pensamento dos alunos (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009).

Fluxograma 1 – Metodologia das análises.



Fonte: os autores (2023).

4.6 RESULTADOS

Com base nos dados produzidos, organizamos os livros selecionados em três categorias (ver Quadro 2):

A) Livro(s) que apresenta(m) argumentação satisfatória do ponto de vista estrutural, nos termos do padrão de Toulmin (PAT), e do ponto de vista do conteúdo sobre o modelo atômico de Dalton;

B) Livro(s) que não apresenta(m) argumentação satisfatória tanto do ponto de vista estrutural, nos termos do padrão de Toulmin, assim como do ponto de vista do conteúdo sobre o modelo atômico de Dalton;

C) Livro(s) que apresenta(m) argumentação satisfatória do ponto de vista estrutural, nos termos do padrão de Toulmin, mas não apresentam conteúdo satisfatório sobre modelo atômico de Dalton.

Quadro 2 – Argumentação nos livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton.

Categoria	Descrição	Livro(s)
A	Livro(s) que apresenta(m) argumentação satisfatória dos pontos de vista do PAT e do MAD.	LD1.
B	Livro(s) que não apresenta(m) argumentação satisfatória dos pontos de vista do PAT e do MAD.	LD2, LD4, LD5, LD6, LD7.
C	Livro(s) que apresenta(m) argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT, mas não, do MAD.	LD1, LD3.

Fonte: os autores (2022).

4.6.1 CATEGORIA A

Apenas o LD1 foi classificado nesta categoria. No LD1 encontramos três argumentos de acordo com o padrão de Toulmin, embora somente um argumento seja satisfatório do ponto de vista do conteúdo. Segue a citação e a análise do argumento (LD1, p. 50).

“Em seus estudos, Dalton investigou as propriedades da matéria. Ele afirmou, por exemplo, que a massa de determinado composto era igual à soma das massas dos átomos que o compõem. Dessa forma, em uma reação química, a massa total dos materiais antes e depois da reação seria a mesma”.

Decompondo o argumento nos seus elementos — D: dados; J: justificativa; C: conclusão — temos:

D: Dalton considerou que a massa de um determinado composto era a soma das massas dos átomos que o compõem.

J (implícita): Numa reação química, os átomos não são criados ou destruídos, apenas se reorganizam para formar outros compostos.

C: Em uma reação química, a massa total dos materiais antes e depois da reação seria a mesma.

Apesar de ser um argumento com justificativa implícita, a justificativa apresentada é coerente com o conteúdo porque na Parte 1 do *A New System of Chemical Philosophy* Dalton (1808) afirma que em toda reação química não existe nem criação nem a destruição da matéria. As mudanças que ocorrem, são devido à junção e separação de átomos.

A justificativa desse argumento foi considerada como implícita, porque não estava junto do dado e da conclusão, mas em parágrafos anteriores, o que pode dificultar o entendimento do estudante sobre o argumento defendido pelos autores. Acreditamos que a ordem dos elementos não define uma boa argumentação, mas influencia na sua compreensão. Observamos como se compõem e como estão conectados os componentes do argumento, pois raciocínio explícito e bem conectado pode contribuir para uma boa compreensão do conteúdo.

4.6.2 CATEGORIA B

A maioria dos livros analisados (LD2, LD4, LD5, LD6 e LD7), foi classificada na Categoria B, cujos textos são formados por um conjunto de asserções que não constituem argumentos, segundo o padrão de Toulmin. Não encontramos argumentos no ensino do modelo atômico de Dalton pelos livros desta categoria mesmo pesquisadores destacando a argumentação como fundamental no ensino de ciências. Três obras (LD2, LD4 e LD5) trazem trechos muito curtos sobre o assunto, a exemplo de: “O químico inglês John Dalton (1766-1844) associou a ideia de elementos químicos a átomos; ele enfatizava que as propriedades que caracterizavam os elementos químicos eram resultado das massas dos átomos, e foi o primeiro a propor um método para determinar as massas atômicas relativas dos elementos químicos.” (LD5, p. 22).

Como se pode notar, este trecho não expressa minimamente uma estrutura argumentativa que conecta dado, justificativa e conclusão. Não apresenta, por exemplo, o que justifica as propriedades dos elementos como resultado das massas dos átomos e nem os dados a partir dos quais Dalton fez aquela associação. O texto se refere a Dalton ter sido o primeiro a propor um método para determinar massas atômicas, mas não expressa qual seria esse método e como ele o utilizou. Logo, trata-se de um texto pouco informativo aos estudantes e insuficiente para uma compreensão acerca do modelo atômico de Dalton.

Outros dois livros (LD6 e LD7) trazem maior quantidade de informações, porém, somente afirmando, sem apresentar razões para justificar as afirmativas, sem apresentar minimamente uma argumentação estruturada que expresse os dados, a conclusão e a justificativa que permita uma articulação entre eles.

A falta de argumentação nos livros didáticos pode impactar diretamente na argumentação utilizada pelos docentes e discentes na sala de aula e, ao reproduzir conteúdos abordados nos livros didáticos, podem utilizar uma explicação fragilizada (JORGE; PUIG, 2000).

4.6.3 CATEGORIA C

Dois livros (LD1, LD3) foram classificados na categoria C, ao abordar o modelo atômico de Dalton. Segue a análise que fizemos a partir de determinados trechos do LD1 e LD3:

Trecho 1) “A teoria atômica de Dalton considerava que os átomos eram esféricos, maciços e indivisíveis. Por essa razão, esse cientista associou seu modelo atômico a uma bola de bilhar. Tal modelo foi apresentado à comunidade científica em 1808” (LD1, p. 50).

Expressando este texto em termos do modelo de Toulmin, tem-se:

D: Dalton considerou os átomos como esféricos, maciços e indivisíveis.

J (implícita): bolas de bilhar são esféricas e maciças.

C: Dalton considerou seus átomos como bolas de bilhar.

De fato, Dalton (1808) apresentou seu modelo atômico no volume 1 de *A New System of Chemical Philosophy*, porém não encontramos a expressão bola de bilhar, nem bola, nem bilhar, em seu livro, donde se conclui que a informação de que Dalton fez tal comparação nesta obra de 1808 pode não estar correta. Ainda que a informação fosse correta e Dalton tivesse comparado os átomos com bolas de bilhar, os dados apresentados — “os átomos eram esféricos, maciços e indivisíveis” — não possibilitariam uma comparação completa, porque bolas de bilhar são esféricas, maciças, mas, diferentemente dos átomos, considerados indivisíveis, podem ser cortadas ou quebradas em pedaços, logo são divisíveis. Portanto, este trecho apresenta uma estrutura argumentativa mínima, nos termos toulminianos, mesmo tendo uma justificativa implícita (a de que bolas de bilhar são esféricas e maciças), contudo não apresenta precisão conceitual em seu conteúdo, uma vez que a associação sugerida no texto não é encontrada nos originais de Dalton (Dalton, 1808).

Trecho 2) “Os postulados de Dalton também explicavam como compostos diferentes podem ser formados pelos mesmos tipos de átomos. Para isso, bastava que as proporções dos átomos fossem diferentes. Veja os exemplos a seguir” (LD1, p. 50).

A asserção a ser defendida é que “compostos diferentes podem ser formados pelos mesmos tipos de átomos”. Para chegar a tal conclusão, é preciso considerar os postulados apresentados e que “as proporções dos [mesmos tipos de] átomos [em compostos diferentes] fossem diferentes”.

Podemos expressar o seguinte argumento no padrão de Toulmin:

D: “Um composto é sempre constituído pelo mesmo número e tipo de átomos”, ou seja: em proporção definida (7º postulado atribuído a Dalton pelos autores do LD1).

J: Proporções diferentes dos mesmos tipos de átomos indicam compostos diferentes;

C: “Compostos diferentes podem ser formados pelos mesmos tipos de átomos”.

A redação do texto é insuficiente, carecendo de maior clareza, pois não indica qual postulado usar na explicação e se é necessário empregar algum postulado na explicação; a asserção que as proporções dos átomos fossem diferentes, não era suficiente para justificar a conclusão porque no *New System of Chemical Philosophy*, Dalton (1808) declara que dois átomos, A e B, podem combinar-se, em proporções diferentes, formando compostos binários, ternários e quaternários. Essas combinações diferentes implicam em formação de compostos diferentes, conforme se vê na Figura 1:

Figura 1 – Possíveis combinações para os átomos.

1 atom of A + 1 atom of B = 1 atom of C, binary.
 1 atom of A + 2 atoms of B = 1 atom of D, ternary.
 2 atoms of A + 1 atom of B = 1 atom of E, ternary.
 1 atom of A + 3 atoms of B = 1 atom of F, quaternary.
 3 atoms of A + 1 atom of B = 1 atom of G, quaternary.

Fonte: (DALTON, 1808, p. 213).

Dalton (1808, p. 214) publicou sete regras gerais sobre proporções, mas nenhuma delas é citada no LD1:

“1°. Quando apenas uma combinação de dois átomos pode ser obtida, deve-se presumir que é binária, a menos de alguma razão em contrário.

2°. Quando duas combinações são observadas, devem ser presumidas como uma binária e uma ternária.

3°. Quando três combinações são obtidas, podemos esperar que uma seja binária e as outras duas ternárias.

4°. Quando quatro combinações são observadas, devemos esperar uma binária, duas ternárias e uma quaternária, etc.

5°. Um composto binário deve sempre ser especificamente mais pesado do que a mera junção de seus dois ingredientes.

6°. Um composto ternário deve ser especificamente mais pesado do que a mistura de um [composto] binário e um simples, que, se combinando, constituem-no; etc.

7°. As regras e observações acima se aplicam igualmente, quando dois corpos, como C e D, D e E, etc. são combinados.”

Encontramos três argumentos no LD1, dois dos quais (trechos 1 e 2) têm dado, justificativa e conclusão. Mas não são satisfatórios em relação ao conteúdo. Por outro lado, o argumento do LD1 da categoria A (apresentado no início desta seção), é satisfatório tanto da perspectiva argumentativa como do conteúdo, embora tivesse apresentado uma justificativa implicitamente.

Em relação ao LD3, tem-se:

Dalton era um atomista e acreditava que a matéria seria constituída por átomos indivisíveis e por espaços vazios. E mais: os diferentes elementos químicos seriam constituídos por átomos diferentes e cada tipo de átomo seria caracterizado por um peso atômico. Essa ideia foi essencial para o desenvolvimento do atomismo, pois apresentava uma propriedade da matéria possível de ser identificada em experimentos. Assim, quem acreditasse em átomos teria de procurar o peso atômico deles (LD3, p. 42-43).

Analisando o texto segundo padrão de Toulmin:

Argumento 1

D - Dalton acreditava que cada tipo de átomo seria caracterizado por um peso atômico.

J - O peso é uma propriedade da matéria possível de ser identificada em experimentos.

C - O peso atômico foi essencial para o desenvolvimento do atomismo.

Entendemos que o argumento apresentado não está completo, pois a justificativa apresentada não inclui a noção de desenvolvimento do atomismo, de modo que não relaciona explicitamente o dado com a conclusão. Dalton, ao investigar a solubilidade dos gases na água, comparou os pesos relativos de diferentes átomos. Em meados de 1803, ele tentou elaborar a primeira tabela com o peso relativo dessas partículas fundamentais. Além disso, Dalton também propôs que os átomos possuem tamanhos diferentes, o que o levou a explorar a combinação dos átomos. No entanto, esses aspectos não são destacados na abordagem apresentada no livro didático.

Investigamos também as atividades propostas nos livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton para os estudantes realizarem, tais como: exercícios, problemas etc. A análise dessas atividades é necessária, porque elas são importantes para a aprendizagem dos estudantes sobre o modelo atômico de Dalton e são indicativos acerca dos aspectos do assunto que os livros didáticos pretendem enfatizar.

Quadro 3 – Atividade(s) nos livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton.

Código de identificação	Descrição	Livro(s)
-------------------------	-----------	----------

CATEGORIA X	Livros que propõem atividades sobre o modelo atômico de Dalton.	LD1, LD3, LD4 e LD6.
CATEGORIA Y	Livros sem atividade(s) sobre o modelo atômico de Dalton.	LD2, LD5 e LD7.

Fonte: os autores (2022).

A maior parte dos livros selecionados apresentou atividades sobre o modelo atômico de Dalton, mas, para favorecer o desenvolvimento da argumentação, essas atividades precisam apresentar questões argumentativas. Cientistas defendem suas ideias utilizando a argumentação, sendo assim, defendemos que o ensino de ciências pode seguir esta prática (OROFINO; TRIVELATO, 2015). Materiais didáticos que incentivam os alunos a produzirem argumentação auxiliam os alunos no pensar sobre ciências e facilitam a aprendizagem de conceitos, visto que o conhecimento científico avança com a argumentação, pois para produzir e avaliar a ciência a argumentação exerce papel central (BRICKER; BELL, 2008). Acreditamos que, quando envolvidos em atividades argumentativas, os alunos podem entender a construção da ciência e compreender melhor os conceitos (OROFINO; TRIVELATO, 2015). Nesta perspectiva, analisamos não apenas se os livros didáticos selecionados apresentam atividades sobre o modelo atômico de Dalton, mas também se essas atividades incentivam os alunos a argumentarem.

Quadro 4 – Atividade (s) nos livros didáticos sobre o modelo atômico de Dalton.

Código de identificação	Descrição	Livro(s)
CATEGORIA X.1	Livro (s) com proposta de atividade (s) sobre o modelo atômico de Dalton que incentivam os alunos a argumentarem.	LD3.
CATEGORIA X.2	Livro (s) com proposta de atividade (s) sobre o modelo atômico de Dalton, mas que não incentivam os alunos a argumentarem.	LD1, LD4 e LD6.

Fonte: os autores (2022).

Apenas o LD3 foi classificado na categoria X.1, encontramos uma questão que envolvia o modelo atômico de Dalton e exigia justificativa. Segue a questão:

“O modelo de Dalton é suficiente para explicar os resultados experimentais observados? Justifique” (LD3, p. 52).

Os demais livros didáticos que apresentaram atividades sobre o modelo de Dalton foram classificados na categoria X.2. No LD1, encontramos duas questões que envolviam o modelo atômico de Dalton, mas elas não exigiam do aluno um raciocínio argumentativo, pois são

questões objetivas. Uma das questões cita características sucintas do modelo atômico de Dalton e a outra apenas cita o nome do cientista. Exemplo de uma das questões encontradas:

“Os modelos atômicos evoluíram historicamente com a contribuição de vários cientistas, na busca de explicar o comportamento da matéria. As características de alguns modelos são apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 5 – Atividade do LD.

Modelos	Características
I	Núcleo atômico denso, com carga positiva. Elétrons em órbitas circulares.
II	Átomos maciços, indestrutíveis e indivisíveis. Os átomos de um mesmo elemento seriam todos iguais, em massa e tamanho.
III	Núcleo atômico denso com carga positiva. Elétrons em órbitas circulares de energia quantizada.

Fonte: os autores (2022).

Identifique a alternativa que apresenta a associação correta modelo/cientista:

- I Bohr; II Dalton; III Rutherford.
- I Rutherford; II Dalton; III Bohr.
- I Dalton; II Rutherford; III Bohr.
- I Rutherford; II Bohr; III Dalton.
- I Dalton; II Bohr; III Rutherford (LD1, p. 171).

No LD4, encontramos duas questões para utilizar a representação de Dalton para equações químicas. E no LD6, encontramos também uma questão de representação utilizando o modelo de Dalton e outra sobre quais modelos (Dalton, Thomson e Rutherford) podem explicar a existência de íons.

Apresentar questões que demandem dos alunos exercitarem a argumentação pode contribuir para o melhor entendimento da ciência, além de compreender melhor conceitos científicos (SÁ; QUEIROZ, 2007).

4.7 CONCLUSÕES

Analisamos sete livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias, do Programa Nacional do Livro Didático 2021, em relação ao conteúdo modelo atômico de Dalton, segundo o Padrão Argumentativo de Toulmin (PAT).

Constatamos que parte dos livros didáticos apresentam o conteúdo bem resumido, com poucas informações e, por isso, encontramos apenas um argumento satisfatório de acordo com o padrão de Toulmin e do ponto de vista do conteúdo do modelo atômico de Dalton.

Outra parte dos livros didáticos traz alguns argumentos, em geral, válidos de acordo com o padrão de Toulmin, mas, incompletos em relação ao conteúdo do modelo atômico de Dalton, o que reduz seu poder de persuasão.

Apenas um livro didático apresenta argumentação satisfatória dos pontos de vista do padrão de Toulmin e do conteúdo do modelo atômico de Dalton. Porém, a justificativa está implícita, o que reduz sua força argumentativa.

A maioria dos livros didáticos não apresentam questões argumentativas. Os alunos não são incentivados a produzirem argumentação. O que pode dificultar a compreensão dos conceitos científicos.

Concluimos que:

Os livros didáticos analisados indicam ser de pouca contribuição para a compreensão do modelo atômico de Dalton e para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes sobre o tema, porque apresentam poucos argumentos ou nenhum argumento válido segundo o padrão de Toulmin e em relação ao conteúdo e quando apresentam um argumento minimamente estruturado, as justificativas foram expressas de forma implícita, o que é menos desejado.

Tais fatos implicam a necessidade da elaboração de textos didáticos argumentativos sobre o modelo atômico de Dalton, a fim de favorecer a construção do conhecimento, bem como a contribuição para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. N. C.; MALHEIRO, J. M. S. A Argumentação e a Experimentação Investigativa no Ensino de Matemática. **Alexandria**, v. 11, n. 2, p. 57-83, 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.415**, de 16 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2021**: guia de livros didáticos. Brasília, 2021.

BRICKER, L. A.; BELL, P. Conceptualizations of Argumentation From Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education. **Science Education**, v. 92, p. 473-498, 2008.

CROSS, D.; HICKEY, D. T. Argumentation: A Strategy for Improving Achievement and Revealing Scientific Identities. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 837-861, maio 2008.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**. New York: Philosophical Library, 1964. v. 1, part 1.

DALTON, J. A. **Meteorological Observations and Essays**. Cambridge: Cambridge University Press, 1793/2011.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

EDITAL DE CONVOCAÇÃO Nº 03/2019 – CGPLI. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o programa nacional do livro e do material didático PNLD 2021**. Ministério da Educação, Brasília, 2017.

EICHLER, M. *et al.* Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, v. 23, 2000.

FERREIRA, R. Notas sobre a origem da teoria atômica de Dalton. **Química Nova**, v. 10, n. 3. p. 204-207, 1987.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

GATTO, M. A.; SUART JÚNIOR, J. B.; STANZANI, E. D. L. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **ACTIO Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 366-400, 2017.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCOS, P. B. **Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências**, v. 17, n. especial, p. 139-159, 2015.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. “Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000b.

JORGE, A. M. S.; PUIG, N. S. Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 405-422, 2000.

JUSTI, R. S.; MENDONÇA, P. C. C. Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, 2013.

KEDROV, B. M. Dalton's Atomic Theory and Its Philosophical Significance. **Philosophy and Phenomenological Research**, v. 9, n. 4, p. 644-662, 1949.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, 2008.

NEWTON, I. **Óptica**. 1704. Tradução Assis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

OKI, M. C. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX, **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.

OROFINO, R. P.; TRIVELATO, S. L. F. O Uso de Conceitos Científicos em Argumentos em Aulas de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 116-130, 2015.

OSBORNE, J.; SIMON, S.; ERDURAN, S. TAPing into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. **Science & Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

PENHA, S. P.; CARVALHO, A. M. P. Proposição de uma Ferramenta Analítica para avaliar a Qualidade da Argumentação em Questões Sociocientíficas. *In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – X ENPEC*, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Resumos [...]**. Águas de Lindóia, 2015.

PEREIRA, L. S.; SILVA, J. L. P. B. Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 19-24, 2018.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, p. 2035-2042, 2007.

QUEIROZ, A. S.; SÁ, L. P. Argumentação no Ensino de Ciências: Contexto Brasileiro. **Ensaio**, v. 23, n. 2, p. 13-30, 2011.

ROCKE, A. J. In search of El Dorado: John Dalton and the origins of the atomic theory. **Social Research**, v. 72, p. 125-158, 2005.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p. 147-170, dez. 2014.

SILVA, N. G. Bons Argumentos no Direito Penal. **Revista Direito e Liberdade**, v. 14, n. 1, p. 199-217, jan./jun. 2012.

SILVA, J. C. S. *et al.* O livro didático promovendo a argumentação nas aulas de química no ensino médio. CONEDU. 2017. IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Anais [...]**.

2017. Disponível em: www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/37794. Acesso em: 30 jul. 2022.

SOARES, E. de L. *et al.* A presença do lúdico no ensino dos modelos atômicos e sua contribuição no processo de ensino aprendizagem. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 69-80, 2017.

SOUSA, I.; NUNES, A. O. Chemistry teachers' Conceptions about the Textbook and CTS. **Tecné Episteme Didaxis**, n. 50, p. 113-130, 2021.

THACKRAY, A. W. The emergence of Dalton's chemical atomic theory: 1801-08. **Isis**, v. 55, n. 2, p. 153-180, 1964.

THACKRAY, A. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory. **Isis**, v. 57, n. 1, p. 41-61, 1966.

THACKRAY, A. **Atoms and Powers**. Cambridge: Harvard University Press, 1970.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JÚNIOR, O.; GRECA, I. La Enseñanza de la Gravitación Universal de Newton Orientada por la Historia y Filosofía de la Ciencia: Una Propuesta Didáctica con un Enfoque en la Argumentación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 33, n. 1, p. 205-223, 2015.

TOULMIN, S. (1958). **Os Usos do Argumento**. 2. ed. Tradução Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VIANA, H. E. B.; PORTO P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, 2007.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. Uma Proposta de Critérios Marcadores para Identificação de Situações Argumentativas em Salas de Aula de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 81-102, 2009.

CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a apresentação do modelo atômico de Dalton em livros didáticos de Ciências da Natureza do ensino médio no Brasil, aprovados pelo PNLD 2021, em relação aos aspectos históricos e argumentativos. A pesquisa foi organizada no formato multipaper, cada artigo serviu de subsídio para outro, apesar de serem artigos independentes.

O primeiro artigo, foi feita uma revisão sistemática sobre o ensino do modelo atômico de Dalton (MAD) na educação básica, notamos que as estratégias mais utilizadas são a argumentação, história da ciência e o jogo didático.

No entanto, observamos que os artigos que utilizam a história da ciência como abordagem de ensino, apresentam uma visão de desenvolvimento da ciência linear, apenas cronológica, não destacando os problemas que originaram os conceitos. Embora o uso didático da história da ciência tenha crescido muito nas últimas décadas, constatamos com a revisão sistemática que ainda existe uma carência de estudos na área.

Quanto à argumentação, notamos que os estudos que utilizam esta estratégia, usufruíram de pouco tempo para desenvolvimento do estudo e não avaliam a qualidade da argumentação.

Sendo assim, embora a argumentação e a história da ciência serem recomendadas por pesquisadores para a aprendizagem de conceitos, constatamos que existe uma carência em relação a utilização dessas estratégias. Diante disso, decidimos analisar se esta fragmentação constatada nos artigos da revisão também existe nos livros didáticos de ciências da Natureza do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2021. Em função do escopo de nosso trabalho, decidimos não explorar, por ora, a estratégia do jogo didático presente nos livros didáticos.

No segundo artigo, realizamos uma análise histórica, apresentamos brevemente uma história do modelo atômico de Dalton e analisamos sete livros didáticos do PNLD 2021 em relação aos aspectos históricos. Utilizamos categorias de análises adaptadas do instrumento proposto por Laurinda Leite (2002) para avaliar o conteúdo histórico dos livros didáticos. Observamos que a fragmentação identificada nos artigos da revisão também se estende para os livros didáticos. Há uma falta de aprofundamento das ideias científicas de Dalton, a maioria dos livros didáticos também apresentam a história da ciência como uma história cronológica, baseada em datas e nomes.

No terceiro artigo, realizamos a análise argumentativa dos mesmos livros didáticos. Devido à abordagem superficial da história do modelo atômico de Dalton contada pelos autores

dos livros didáticos, esperávamos encontrar argumentações menos eficazes, o que foi confirmado nas análises. Utilizamos o padrão argumentativo de Toulmin (PAT) para analisar os aspectos argumentativos nos livros didáticos. Em geral, os livros didáticos podem ser agrupados em três categorias: (A) aqueles que apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT e do conteúdo do MAD; (B) aqueles que não apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT e do conteúdo do MAD; (C) aqueles que apresentam argumentação satisfatória do ponto de vista do PAT, mas não, do conteúdo do MAD. Concluimos que a maioria dos livros se encontram na categoria (B) e indicam que parecem ser de pouca contribuição para a compreensão do modelo atômico de Dalton e para o desenvolvimento da capacidade argumentativa dos estudantes sobre o tema.

Os livros didáticos analisados neste trabalho carecem de uma abordagem mais ampla sobre o MAD, destacando seu desenvolvimento histórico por meio da solução de problemas e adotando uma perspectiva histórica crítica e problematizadora.

Também indicam ser de pouca contribuição para a compreensão do modelo atômico de Dalton e para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes sobre o tema. Concluimos isso porque existe uma escassez de argumentos válidos segundo o padrão de Toulmin e em relação ao conteúdo.

Diante da carência histórica e argumentativa constatada nos livros didáticos, é essencial realizar mais investigações sobre a utilização da história da ciência e da argumentação no ensino de química.

Além disso, devido a apresentação fragmentada dos textos sobre o MAD nos livros didáticos tanto do ponto de vista histórico como do ponto de vista argumentativo, torna-se necessário a elaboração de textos didáticos argumentativos sobre o modelo atômico de Dalton. Essa abordagem visa favorecer a construção do conhecimento e contribuir para o desenvolvimento da argumentação dos estudantes.

1