

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NAYANE DE FÁTIMA FERREIRA DA SILVA

**UM SÉCULO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESQUECIDO: UM OLHAR
PARA OS ESTUDOS ACERCA DO ÁTOMO NO SÉCULO XIX**

CAMPO MOURÃO

2022

NAYANE DE FÁTIMA FERREIRA DA SILVA

**UM SÉCULO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESQUECIDO: UM OLHAR
PARA OS ESTUDOS ACERCA DO ÁTOMO NO SÉCULO XIX**

**A century of forgotten scientific knowledge: a look at studies about the atom in the 19th
century**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
como requisito para obtenção do título de Licenciada do
Curso de Licenciatura em Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. Adriano Lopes Romero.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NAYANE DE FÁTIMA FERREIRA DA SILVA

**UM SÉCULO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESQUECIDO: UM OLHAR
PARA OS ESTUDOS ACERCA DO ÁTOMO NO SÉCULO XIX**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Licenciada do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 21/novembro/2022

Adriano Lopes Romero
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rafaelle Bonzanini Romero
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gideã Taques Tractz
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Durante todo o curso, tive a sorte de ter acesso a pessoas que me auxiliaram para a conclusão desse curso, fazendo com que todo o processo se tornasse mais fácil e inesquecível.

Quero agradecer a todos os professores, especialmente ao meu orientador de TCC, prof. Adriano, que contribuiu de grande forma para que o trabalho fosse realizado.

Aos grandes amigos que fiz nessa jornada dentro da instituição, que faço questão de levar por toda a vida.

Dentre os agradecimentos não poderia deixar de citar a minha família em geral, em especial a minha mãe Rose e meu padrasto Valério (*in memoriam*), que acompanharam e fizeram questão de que eu finalizasse o curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

Considerando a Química como uma ciência histórica, o presente trabalho parte da premissa que a História da Química é fundamental para se entender o conhecimento químico. Entre os vários conhecimentos químicos tomados como conteúdos curriculares na disciplina de Química, destaca-se o de átomo, que é estruturante para essa ciência. Apesar disso, ainda que os livros didáticos apresentem aspectos históricos para o conteúdo curricular átomo, o mesmo é apresentado de forma cronológica e fragmentada. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma reconstrução histórica, acerca de estudos realizados no século XIX a respeito do átomo, que possibilite compreender o fato de haver apenas duas contribuições sendo abordadas nos livros didáticos de Química, sendo elas a de Dalton (1803) e Thomson (1898). Para isso, selecionamos quatro livros que versam sobre o desenvolvimento da teoria atômica publicados no século XIX e início do século XX: *Lucretius and the atomic theory* publicado por John Veitch em 1875; *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* publicado por Henry E. Roscoe e Arthur Garden em 1896; *The study of the atom; the foundations of Chemistry* publicado por Francis Venable em 1904 e *The development of the atomic theory* publicado por Andrew Norman Meldrum em 1920. Utilizando como referencial teórico Martins (2005) seguimos algumas etapas do trabalho em História da Ciência, a busca por pistas para a reconstrução histórica foi pautada na seguinte pergunta: Quais teorias atômicas são apresentadas nos livros selecionados? Ao final de nosso estudo concluímos que há de fato “um século de conhecimento científico esquecido”, que não são “contados” nos livros didáticos de Química atuais. Diferente do que os livros didáticos informam, não existe um salto entre estudos de Dalton e Thomson acerca do átomo, mas, um século repleto de publicações, debates, disputas de prioridade sobre esse tópico.

Palavras-chave: História da Química; teoria atômica; teoria do vórtice; Lucrecio.

ABSTRACT

Considering Chemistry as a historical science, this work starts from the premise that the History of Chemistry is fundamental to understanding chemical knowledge. Among the various chemical knowledge taken as curricular contents in the discipline of Chemistry, the atom stands out, which is the structuring for this science. Despite this, even though the textbooks present historical aspects of the atom curriculum content, it is presented in a chronological and fragmented way. In this context, the present work aims to carry out a historical reconstruction of studies carried out in the 19th century regarding the atom, which makes it possible to understand the fact that only two contributions are being addressed in Chemistry textbooks, namely Dalton (1803) and Thomson (1898). For this, we selected four books that deal with the development of atomic theory published in the 19th and early 20th centuries: *Lucretius and the atomic theory*, published by John Veitch in 1875. Henry E. Roscoe and Arthur Garden published *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* in 1896. *The study of the atom, The foundations of Chemistry*, published by Francis Venable in 1904, and *The development of the atomic theory*, published by Andrew Norman Meldrum in 1920. Using Martins (2005) as a theoretical reference, we follow some stages of work in the History of Science. The search for clues for the reconstruction history was based on the following question: What atomic theories are presented in the selected books? At the end of our study, we concluded that there is genuine “a century of forgotten scientific knowledge” which are not related in current Chemistry textbooks. Unlike what textbooks report, there is no jump between studies by Dalton and Thomson about the atom, but a century full of publications, debates, and disputes over priority on this topic.

Keywords: History of Chemistry; atomic theory; vortex theory; Lucretius.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivos Específicos	9
3	JUSTIFICATIVA	10
4	REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1	Contribuições da história da Química para o ensino de Química.....	14
4.2	O conceito de átomo nos trabalhos de Dalton e Thomson	15
4.3	O que os livros didáticos de Química abordam sobre os estudos dos átomos? 20	
5	METODOLOGIA	24
6	RESULTADO E DISCUSSÃO	26
6.1	Sobre os livros selecionados	26
6.2	Quais teorias atômicas são apresentadas nos livros selecionados?	27
6.2.1	<i>Lucretius and the atomic theory</i> (1875).....	27
6.2.2	<i>A new view of the origin of Dalton's atomic theory</i> (1896)	35
6.2.3	<i>The study of the atom; of the foundations of Chemistry</i> (1904)	42
6.2.4	<i>The development of the atomic theory</i> (1920).....	50
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

1 INTRODUÇÃO

A Química é uma disciplina considerada de difícil compreensão por parte dos estudantes da Educação Básica. Autores tal como Matthews (1994, 1995) e Beltran (2013), pontuam que os aspectos históricos relacionados aos desenvolvimentos dos conhecimentos químicos, quando trabalhados na disciplina de Química, podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de vários conteúdos. Tal perspectiva contribui para que os estudantes, ao ter contato com o conhecimento científico, tenham a possibilidade de fazer reflexões sobre a construção de teorias científicas, assim como as questões representacionais associadas (MACHADO, 1999).

Na atualidade, mesmo com muitos recursos tecnológicos disponíveis, os livros didáticos continuam sendo o principal recurso utilizado em aulas de Química, auxiliando no processo ensino e aprendizagem, mas também reforçando erros compartilhados entre autores contemporâneos. Silveira e Cicillini (2002) acreditam que nos últimos anos, este recurso continua sendo utilizado não como um apoio instrumental para os docentes nas aulas de Ciências, mas como um guia metodológico de suas ações e de elaboração das propostas curriculares que devem ser seguidas a qualquer custo. Tal fato provoca, de maneira até involuntária, uma falta de autonomia dos docentes em relação ao livro didático, que dita os passos a passos que devem ser seguidos nas atividades escolares, já que é considerado como único e mais simples recurso para ser utilizado no contexto da sala de aula.

Diversos estudos têm mostrado a necessidade de novas abordagens metodológicas para se trabalhar o conhecimento químico em sala de aula. A literatura especializada pontua que um ensino tradicional, pautado na reprodução dos conceitos apresentados nos livros didáticos, é precário para o ensino e aprendizagem de Química (LOPES, 1990).

Nesse cenário, se atentar para os materiais que são utilizados nas aulas de Química, seja em relação aos conteúdos, às formas metodológicas propostas, aos experimentos ou mesmo às questões ideológicas associadas aos discursos construídos pelos autores desses materiais torna se mais que necessário, já que interfere no processo de aprendizagem de cada estudante (MORTIMER, 1988; MONTEIRO; JUSTI, 2000; SOUSA *et al.*, 2019).

Entre os conhecimentos químicos trabalhados na Educação Básica destacamos o conceito de átomo, por sua característica complexa de abordagem, que envolve aspectos históricos, conceituais e representacionais, que exigem por parte do estudante capacidade de abstração. Apesar disso, segundo Taber (2003), esse conceito é trabalhado, devido a diversos fatores, de maneira simplificada, geralmente por meio do uso de modelos e analogias, que

muitas vezes não se explora de forma adequada as semelhanças e diferenças entre a analogia posta e o conceito explorado. O uso inadequado de analogias, segundo o epistemólogo da Ciência francês Gaston Bachelard (1884-1962), está relacionado a distorção do real, que pode gerar obstáculo epistemológico de aprendizagem que nada mais é do que acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como antirrupturas. Para Bachelard, o sucesso da ciência acontece, primeiramente, no reconhecimento dos obstáculos e, depois, em sua superação. De forma semelhante então, no contexto educacional, reconhecer os eventuais obstáculos epistemológicos é importante para uma adequada aprendizagem dos conhecimentos científicos (LOPES, 1990; LEITE; SILVEIRA; DIAS, 2006).

Pesquisas envolvendo potenciais obstáculos epistemológicos em livros didáticos são, há algumas décadas, realizadas no contexto do ensino de Ciências, não apenas no ensino de Química (LEITE; SILVEIRA; DIAS, 2006). No entanto, praticamente não há estudos que busquem superar a visão cronológica do desenvolvimento do conceito de átomo, amplamente disseminada nos livros didáticos de Química. Considerando que realizar estudos historiográficos que visem a reconstrução histórica de determinados conhecimentos científicos são importantes, e que o desenvolvimento do conceito de átomo envolve um amplo período temporal, no presente trabalho optamos em estudar apenas o século XIX, que é marcado (nos livros didáticos) pelos trabalhos de Dalton e Thomson, cujas contribuições foram realizadas no início e final do século, respectivamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma reconstrução histórica, acerca de estudos realizados no século XIX a respeito do átomo, que possibilite compreender o fato de haver apenas duas contribuições sendo abordadas nos livros didáticos de Química, sendo elas a de Dalton (1803) e Thomson (1898).

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar levantamento bibliográfico acerca de estudos a respeito do conceito de átomo publicados no século XIX;
- ✓ Descrever alguns estudos acerca do conceito de átomo publicados no século XIX, com destaque para aqueles que não foram adotados pelos praticantes da Química;
- ✓ Avaliar, sob uma perspectiva sociológica e filosófica, causas de abandono ou não consideração pelos praticantes da Química, de estudos acerca do átomo.

3 JUSTIFICATIVA

Os livros didáticos de Química apresentam, geralmente, de forma cronológica e linear alguns modelos atômicos. Segundo Lopes (2009), de maneira resumida os modelos atômicos apresentados em livros didáticos são:

- ✓ *Modelo de Dalton*: A teoria atômica de Dalton, desenvolvida em 1808, considera que o átomo é a menor parte da matéria, uma minúscula esfera maciça, indestrutível, indivisível, sem carga e impenetrável. Muitos livros didáticos fazem analogia deste modelo atômico com a bola de bilhar.
- ✓ *Modelo de Thomson*: Os estudos de Thomson, realizados em 1898, levaram o pesquisador a propor que o átomo era constituído de uma partícula esférica de carga positiva, não maciça, incrustada de elétrons, de modo assim fazendo com que sua carga elétrica total fosse nula. Muitos livros didáticos fazem analogia deste modelo atômico com o pudim de passas (LOPES, 2009).
- ✓ *Modelo de Rutherford*: O físico realizou diversos experimentos, em 1911 propôs que o átomo seria descontínuo e formado por duas regiões, sendo elas o núcleo e a eletrosfera. O núcleo seria denso e constituído por prótons e a eletrosfera seria uma grande região vazia onde os elétrons ficariam girando em torno do núcleo. Em muitos livros didáticos este modelo é comparado ao sistema solar.
- ✓ *Modelo Bohr*: Bohr no ano de 1914 propôs que os elétrons se moviam em orbitas circulares e cada órbita possui uma energia definida e constante para cada elétron de um átomo. Esses níveis de energia acabaram sendo representados por letras no sentido da camada mais próxima ao núcleo para a mais externa (PEDUZZI, BASSO, 2005).

Esses quatro modelos aparecem com maior frequência nos livros didáticos, no entanto, muitas vezes os autores não abordam os motivos pelos quais esses modelos foram produzidos, aceitos ou abandonados pelos praticantes da Química. A forma como esse conteúdo é apresentado nos livros didáticos sugere uma ruptura entre um estudo e outro, assim como reforça para os leitores que outros estudos, além desses, não foram realizados (CHAVES, 2011; RAMON, 2012; CAMARGO, 2018). Neste sentido, faz-se necessário entender o porquê esses pesquisadores e seus estudos foram considerados/aceitos pelos praticantes da Química, chegando como fragmentos históricos até os livros didáticos atuais, como também entender porque outros agentes históricos e estudos não foram considerados ou foram rejeitados.

Considerando a demanda de tempo para a realização de um estudo historiográfico que dê conta de contribuir para as inquietações apresentadas anteriormente, no presente trabalho optamos por estudar o período da história entre os estudos de Dalton (1803) e Thomson (1898), que marcam o início e final do século XIX.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo apresentamos os referenciais teóricos que foram utilizados para a idealização e desenvolvimento da pesquisa. Antes de apresentar os referenciais teóricos achamos oportuno apresentar os significados dos termos teoria, modelo e hipótese, que possuem entendimentos tanto no campo da Ciência quanto de senso comum (**Quadro 1**).

Quadro 1 - Significado dos termos teoria, modelo e hipótese

Teoria	<p>Segundo o <i>APA Dictionary of Psychology</i> (https://dictionary.apa.org/theory):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Um princípio ou corpo de princípios inter-relacionados que pretende explicar ou prever uma série de fenômenos inter-relacionados; ✓ Na Filosofia da Ciência, um conjunto de hipóteses explicativas logicamente relacionadas que são consistentes com um corpo de fatos empíricos e que podem sugerir relações mais empíricas; ✓ No uso geral, pensamento abstrato ou especulativo em oposição à prática. <p>Segundo o Dicionário Michaelis (https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/teoria/):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conjunto de princípios, regras ou leis, aplicados a uma área específica, ou mais geralmente a uma arte ou ciência; ✓ Sistema ou doutrina que resultam desses princípios, regras ou leis; ✓ Conhecimento especulativo, de caráter hipotético e sintético; ✓ Conhecimento abstrato que se limita à exposição de caráter meramente especulativo, voltado para a contemplação da realidade, em oposição à prática e ao saber técnico; ✓ Conjunto de conhecimentos sistematizados que se fundamentam em observações empíricas e em estudos racionais e que, ao formular leis e categorias gerais, possibilitam classificar, ordenar e interpretar os fatos e as realidades da natureza; ✓ Conjunto de opiniões e ideias sistematizadas sobre um assunto dado.
Modelo	<p>Segundo o <i>APA Dictionary of Psychology</i> (https://dictionary.apa.org/model):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Um tipo de representação gráfica, teórica ou de outro tipo de um conceito ou de processos [...] que pode ser usado para vários fins investigativos e demonstrativos, como melhorar a compreensão do conceito ou processo, propor hipóteses, mostrando relações, ou identificando padrões [...]. <p>Segundo o Dicionário Michaelis (https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/modelo/):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Réplica tridimensional de algo, de tamanho natural, ampliada ou reduzida, usada como recurso didático, como o corpo humano ou suas partes isoladas; ✓ Esquema de representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos, tendo-se como base um determinado número de leis físicas.
Hipótese	<p>Segundo o <i>APA Dictionary of Psychology</i> (https://dictionary.apa.org/hypothesis):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Uma proposição empiricamente testável sobre algum fato, comportamento, relacionamento ou similar, geralmente baseada em teoria, que declara um resultado esperado resultante de condições ou suposições específicas. <p>Segundo o Dicionário Michaelis (https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/hipotese/):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Suposição que se faz sobre algo, que pode ser verdadeira ou falsa, fundamentando-se em evidências incompletas ou pressentimentos;

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juízo ou suposição sem fundamento preciso, com base em evidências incompletas, com que se pretende explicar ou prever certas observações ou fatos cuja comprovação depende de investigações posteriores; ✓ Enunciado ou conjunto de enunciados cuja verificação e controle só podem ser efetuados por via indireta, isto é, por meio de suas consequências.
--	--

Fonte: Elaborado pela autora a partir das referências indicadas no quadro (2022)

Em relação ao entendimento sobre teoria atômica apresentamos a seguir, na íntegra, por ser uma enciclopédia de grande influência para desenvolvedores de produtos educacionais, o significado do termo *teoria atômica* apresentado na Enciclopédia Britânica¹. Por teoria atômica entende-se, antiga especulação filosófica de que todas as coisas podem ser explicadas por inúmeras combinações de partículas duras, pequenas e indivisíveis (chamadas átomos) de vários tamanhos, mas do mesmo material básico; ou a moderna teoria científica da matéria segundo a qual os elementos químicos que se combinam para formar a grande variedade de substâncias consistem em agregações de subunidades semelhantes (átomos) possuindo subestrutura nuclear e eletrônica característica de cada elemento (BRITANNICA, 2022).

A antiga teoria atômica foi proposta no século 5 aEC (antes da Era Cristã) pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito e foi revivida no século 1 aEC pelo filósofo e poeta romano Lucrécio. A teoria atômica moderna, que passou por um refinamento contínuo, começou a florescer no início do século XIX em 1808 com o trabalho do químico inglês John Dalton. Os experimentos do físico britânico Ernest Rutherford no início do século XX sobre a dispersão de partículas alfa de uma fina folha de ouro estabeleceram o modelo atômico de Rutherford de um átomo como consistindo de um núcleo central e carregado positivamente contendo quase toda a massa e cercado por uma nuvem de elétrons planetários carregados negativamente (BRITANNICA, 2022).

Com o advento da mecânica quântica e da equação de Schrödinger na década de 1920, a teoria atômica tornou-se uma ciência matemática precisa. O físico austríaco Erwin Schrödinger desenvolveu uma equação diferencial parcial para a dinâmica quântica dos elétrons, incluindo a repulsão eletrostática de todos os elétrons carregados negativamente uns dos outros e sua atração pelo núcleo carregado positivamente. A equação pode ser resolvida exatamente para um átomo contendo apenas um único elétron (hidrogênio), e aproximações podem ser encontradas para átomos contendo dois ou três elétrons (hélio e lítio, respectivamente). Na medida em que a equação de Schrödinger pode ser resolvida para casos

¹ Material disponível em: <https://www.britannica.com/science/atomic-theory>. O texto é de responsabilidade de Erik Gregersen, editor sênior da *Encyclopaedia Britannica*, especializado em ciências físicas e tecnologia. Antes de ingressar na *Britannica* em 2007, trabalhou na *University of Chicago Press* no *Astrophysical Journal*. Antes disso, ele trabalhou na Universidade McMaster no projeto de satélite de radioastronomia ODIN.

mais complexos, a teoria atômica é capaz de prever a partir dos primeiros princípios as propriedades de todos os átomos e suas interações. A recente disponibilidade de supercomputadores de alta velocidade para resolver a equação de Schrödinger tornou possíveis cálculos precisos de propriedades para átomos e moléculas com um número cada vez maior de elétrons. A concordância precisa com o experimento é obtida se pequenas correções devido aos efeitos da teoria da relatividade especial e da eletrodinâmica quântica também forem incluídas (BRITANNICA, 2022).

Podemos observar que a descrição de teoria atômica apresentado na Enciclopédia Britânica apresenta alguns fragmentos históricos, situados em três grandes períodos (Grécia antiga, século XIX e século XX) com destaque para alguns poucos agentes históricos.

Levando em consideração, que a Química é uma ciência histórica, cujos constructos foram desenvolvidos em diferentes períodos e por diferentes agentes históricos, na sequência apresentaremos algumas contribuições da História da Química para o ensino de Química.

4.1 Contribuições da história da Química para o ensino de Química

O ensino da Química vem valorizando de forma mais intensa a história da Ciência e sua importância na formação de estudantes e professores. Assim, Schenetzler (2002, p. 17):

Mesmo com relação ao conhecimento ou domínio do conteúdo a ser ensinado, a literatura revela que tal necessidade docente vai além do que habitualmente é contemplado nos cursos de formação inicial, implicando conhecimentos profissionais relacionados à história e filosofia das ciências, as orientações metodológicas empregadas na construção de conhecimento científico, as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, e perspectivas do conhecimento científico.

A necessidade de relacionar a história da Química com o ensino de Química vem sendo, no contexto brasileiro, discutido desde o Encontro Nacional de Ensino de Química de 1984. Desde então, várias propostas para a disciplina de Química na Educação Básica utilizando de contribuição da história da Química foram desenvolvidas, fato que fez com que esse importante recurso fosse inserido na legislação educacional brasileira (BELTRAN, 2013).

Alguns autores como Giordan e Vecchi (1996) acreditam que a interface entre a história da Ciência e o Ensino constrói e diminui o distanciamento sobre o conhecimento. Já Matthews (1994, 1995) pontua as contribuições do uso da história da Ciência tais como o desenvolvimento da visão sobre a natureza da Ciência na formação dos estudantes, que contribui para humanizar a Ciência - aproximando interesses e humanizando o conhecimento - e desenvolver o pensamento crítico.

Schnetzer (2002), ao retratar que o objeto de estudo da pesquisa em Educação Química é o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento, aponta os avanços realizados na área de Educação em Química no sentido de elaboração, transformação e transmissão desse conhecimento, de maneira que estas que também são consideradas na pesquisa em História da Química. Assim, as áreas de Ensino de Química e História da Química lidam igualmente, mas com suas especificidades, com a questão do conhecimento.

O professor ao trabalhar o raciocínio histórico contribui para a aproximação do conhecimento sistematizado (trabalhado na disciplina Química) com a(s) realidade(s) vivenciada(s) em diferentes períodos históricos, em diferentes contextos, tornando o desenvolvimento do conhecimento químico mais real e mais humanizado. Segundo Chassot (1995), a História da Ciência é um somatório de todas as histórias, tanto no aspecto político, social, cultural e econômico, e por isso sua importância.

Nessa perspectiva, o estudo histórico acerca do conceito de átomo, sua estrutura atômica e seus modelos, contribui para o entendimento desse conteúdo, pois apresenta fatos complementares aos abordados de forma tradicional. Ao trabalhar com aspectos históricos é possível observar que o conhecimento científico muda ao longo da história, é construído por pessoas, de forma coletiva, em diferentes contextos (sociais, políticos, de sociedades acadêmicas, entre outros) e sofre influência desses mesmos contextos. A partir dessa abordagem é possível, assim como pontuado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio:

[...] a consciência de que o conhecimento científico é assim dinâmico e mutável ajudará o estudante e o professor a terem necessária visão crítica da ciência. Não se pode simplesmente aceitar a ciência como pronta e acabada e os conceitos atualmente aceitos pelos cientistas e ensinado nas escolas como verdade absoluta (BRASIL, 2000, p. 31).

A natureza vem sendo estudada pela humanidade há séculos, e com o estudo das transformações das substâncias - primeiro de forma filosófica e depois de forma empírica - acabou se desenvolvendo a área de conhecimento que denominamos de Química.

4.2 O conceito de átomo nos trabalhos de Dalton e Thomson

Levando em consideração que o conceito de átomo não se inicia com Dalton, mas sim na Grécia antiga e depois se desenvolve ao longo dos séculos, apresentamos uma breve revisão acerca de como diferentes agentes históricos idealizaram esse constructo como modelo explicativo para diferentes problemas. Alertamos para que esta seção é baseada em revisão

bibliográfica e não se constitui, de forma alguma, como um estudo historiográfico por parte da autora.

Parece haver um certo consenso que, no ano 490 aEC na Grécia surgiu a primeira ideia de átomo, como constituinte da matéria, pelos filósofos Demócrito e Leucipo. Segundo Leucipo de Mileto, átomo partia da própria semântica da palavra átomo, indivisível. Já Demócrito seu discípulo, considerava que a matéria era constituída das qualidades solidez (cada corpo tinha seu tipo de átomo) e indivisibilidade (devido ao seu tamanho pequeno) (ROSA, 2012).

Aristóteles (384-324 aEC), considerado por muitos autores como o pai da Ciência, questionava as ideias de Demócrito quanto a incapacidade de explicar as transformações químicas, já que se para cada substância existem átomos, não haveria possibilidade de transformação química. Segundo esse filósofo, toda a matéria seria formada por quatro elementos (água, terra, ar e fogo) associados por duas características opostas, como o fogo sendo associado a seco e quente (ROSA, 2012).

No século XVI, os conhecimentos químicos ainda eram bastante influenciados pela Alquimia - que ficou marcada pela busca da vida eterna e pela transmutação de metais menos nobre em ouro -, que se difundiu em diversas civilizações que tinha uma crença baseada nas ideias de Aristóteles. Por mais que fossem ritualísticos, os alquimistas foram os pioneiros nas técnicas de laboratório, tais como a destilação e a sublimação (ROSA, 2012).

No início do século XV, o Renascimento surgiu tendo como base a racionalidade como modo de pensar, com isso, o lado místico da Alquimia foi aos poucos substituídos pela busca de conhecimento por meio da experimentação. Nesse período, o médico suíço Paracelso, pseudônimo de Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), apesar de ter sido influenciado pela Alquimia, desenvolveu uma nova área de estudo - que posteriormente ficou denominada de iatroquímica -, caracterizada pela finalidade de preparar medicamentos a partir de fontes minerais (ROSA, 2012).

Segundo Rosa (2012), o pensamento científico começou a se desenvolver ainda mais com a junção de trabalhos do René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1625), ambos baseavam nas experimentações e matemática, mudando o paradigma de que a aceitação do conhecimento dependesse das normas impostas pela Filosofia.

Em 1543, ocorreu uma revolução separando a Astronomia e a Alquimia da Química, após o astrônomo e matemático polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) propor que, assim como a Terra, o Sol não era o centro do universo. Posteriormente, essa transição teve grande contribuição dos trabalhos do filósofo natural Robert Boyle (1627-1691) e químico francês

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794). Boyle introduziu o método científico e defendeu o uso da experimentação para a comprovação de estudos científicos (ROSA, 2012).

No início do século XVII, inicia o período conhecido como Iluminismo, no qual há um afastamento da religião e ciência. Nesse período, temos importantes contribuições de Lavoisier, que foi reconhecido por sua grande precisão qualitativa e quantitativa, que o permitiram explicar fatos que antes não se tinha resposta. Segundo Rosa (2012), teorias consolidadas foram derrubadas por Lavoisier, como a do flogístico, contribuindo de maneira significativa com a Ciência com a “lei da conservação da massa”, determinação do oxigênio e publicação de livros, tal como o *Tratado Elementar da Química*. Nesse momento, ainda segundo Rosa (2012), a Química já era considerada uma Ciência bem fundamentada, estabelecida e clara.

Os trabalhos de Lavoisier e seus contemporâneos foram importantes para a retomada do conceito de átomo. Já no início do século XIX, o conceito de átomo foi revisitado pelo químico britânico John Dalton (1766-1844).

Dalton, influenciado por professores que tinham grande interesse em meteorologia, realizou estudos de alguns fenômenos atmosféricos. Dalton acreditava que, quimicamente, o vapor de água não se combinava com outros gases da atmosfera, mas sim que estaria difuso entre esses gases, contrariando o que se imaginava até final do século XVIII: que a atmosfera era constituída por vários gases combinados quimicamente (ROSA, 2012).

Já em Manchester, Dalton lecionou e estudou sobre meteorologia, principalmente a respeito do vapor da água e os gases presentes na atmosfera. Para esses estudos, Dalton utilizou o corpuscularismo newtoniano, conjunto de conhecimentos bastante disseminado naquela época e região.

Dalton criou um modelo baseando-se em átomos e suas interações, tornando assim possível preposição de fórmulas. Após isso, realizou estudos sobre combinações químicas, admitiu que o átomo, simples ou composto, era circundado por uma atmosfera de calórico.

Depois de anos de estudos sobre esse tema, em 1808, Dalton formulou a primeira teoria atômica, que ia contrário ao que os antigos filósofos Demócrito e Leucipo acreditavam. Segundo essa teoria, o átomo era denominado como a menor parte da matéria, já que nenhum experimento de Dalton conseguiu revelar claramente o átomo dessa mesma matéria. Dalton defendia que:

- Cada elemento é composto por partículas pequenas chamadas de átomo;
- Os átomos que têm elementos são idênticos, já os que tem elementos diferentes, tem massas também diferentes;

- Quando mais de um átomo de um elemento se combinam é formado o composto;
- Os átomos não são alterados nas reações químicas.

Para provar o que acreditava, John Dalton propôs a teoria do modelo atômico em 1808, associado em muitos livros didáticos como modelo atômico da bola de bilhar, no qual o átomo seria uma minúscula esfera maciça, indestrutível, indivisível, sem carga e impenetrável.

A hipótese atômica de Dalton foi alvo de muitas polêmicas, tendo adeptos fervorosos e opositores ferrenhos. Os cientistas que a aceitavam reconheciam seu valor para explicar um grande número de fatos e para raciocinar em termos de fórmulas e pesos das substâncias, algo reconhecido mesmo por alguns de seus opositores, que, no entanto, duvidavam da existência de átomos. [...] No decorrer daquele século, a Química foi adquirindo uma identidade que a distinguiu de outros campos experimentais, em sua parte por influência da hipótese atômica de Dalton (MORTIMER; MACHADO, 2010, p. 140).

Anos depois, alguns pontos da hipótese atômica de Dalton foram mostrados como falhas, como o fato de átomos serem criados e divididos usando fissão ou fusão nuclear, e devido ao desconhecimento dos isótopos em sua época, a afirmação de que os isótopos de átomos de um elemento individual podem ser diferentes entre si. De qualquer forma, sua teoria continua e tem grande relevância até hoje, o que justifica sua presença em livros didáticos de Química e seu ensino na Educação Básica e Ensino Superior.

Após os estudos de Dalton, o conhecimento acerca da estrutura dos átomos se desenvolveu bastante, devido, principalmente, aos progressos para a produção de vácuo. Destaca-se o estudo de descargas elétricas através de tubos com diferentes gases rarefeitos. Em um tubo fechado a vácuo contendo gás rarefeito, foi posto dois eletrodos com polos contrários e assim, estabeleceu entre eles um diferencial de potencial elétrico distribuído por uma fonte energética externa. O físico alemão Gotthilf-Eugen Goldstein (1850-1930), em 1876, ao realizar estudos de descarga elétrica, observou um feixe de luz ligando um polo ao outro, essa descarga foi nomeada de raios catódicos. Com base nesses resultados, foram construídos cátodos côncavos que produziam raios extremamente necessários para futuras experiências.

Em 1879, o químico e físico britânico William Crookes (1832-1919) concluiu que esses raios catódicos eram formados por partículas com cargas negativas. Essa característica foi comprovado pelo físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940) por meio de experimentos com tubos de raios catódicos, ao mostrar que as partículas carregadas eram as mesmas independente do metal usado para o cátodo, sendo parte de todos os átomos. Posteriormente, essas cargas negativas foram nomeadas de elétrons pelo físico irlandês George Johnstone Stoney (1826-1911), que uniu a teoria de valência de Kekulé e Faraday.

De maneira resumida, esses raios catódicos são os raios emitidos quando se aplica uma alta tensão entre dois eletrodos em um tubo de vidro sob vácuo. Em 1895 o físico francês Jean Baptiste Perrin (1870-1942) conseguiu desviar, por ação de um ímã, os raios catódicos produzidos, corroborando com a ideia de que esses raios eram carregados de partículas negativas já que dependia da movimentação do ímã. Nessa mesma linha de pesquisa, em 1896 o físico neerlandês Pieter Zeeman (1865-1943) questionou o fato dos experimentos de Faraday sobre emissão de luz de vapor de sódio por um campo magnético, ter dado errado e então resolveu refazer o experimento com aparelhagem mais desenvolvida e então notou um campo magnético as linhas do sódio. Esse fenômeno foi explicado pelo físico neerlandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), usando a teoria eletrônica, de que as partículas carregadas negativamente, responsável pela emissão de luz, moviam os átomos presente no campo magnético.

Nosso outro agente histórico relacionado aos estudos do átomo, o físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940), iniciou um grande interesse pela Física e Química ainda em sua vida acadêmica, devido as ideias de John Dalton. Para Thomson, a teoria atômica tinha um problema na explicação da variação das propriedades periódicas e o átomo para formar as moléculas, para explicar essas combinações. Thomson acabou adotando outro modelo, o de vórtice, no qual o átomo seria formado por tubos vórtices fechados e então, sua matéria seria devido a movimentação desse tubo, que logo foi descartada devido as críticas que o mesmo fez sobre (HEILBRON, 1977).

Em 1895, Thomson criou um novo modelo atômico com base nas ideias de Força de Faraday, considerando que “átomos eram compostos por pequenos girostatos que, ao girar no mesmo sentido que um tubo de Faraday, o átomo tinha um sistema que favorecia a aquisição de uma carga positiva, como o hidrogênio. Por outro lado, átomos em que os girostatos giravam na mesma direção de tubos de Faraday, o sistema tendia a adquirir uma carga negativa” (HEILBRON, 1977, p. 30), mas logo em seguida também desistiu dos estudos.

No mesmo ano, Thomson realizou estudos sobre eletrólise de Faraday que o ajudou a identificar que na matéria existe uma partícula constituinte, sendo uma unidade natural de carga elétrica e então, permitir identificar a existência de partículas eletrizadas nessa mesma estrutura.

A partir dos estudos realizados, Thomson começou a construir ideias explicativas para a estrutura do átomo, que segundo Lopes (2009) em 1897, apresentou os possíveis modelos de distribuição no átomo, utilizando o átomo de hidrogênio como base para a constituição dos restantes. Para ele, toda carga encontrada no átomo é um múltiplo inteiro da carga carregada pelo átomo de hidrogênio, tendo como principal ideia a de que os átomos dos elementos

compunham-se em um número de corpúsculo negativo circulando em anéis coplanares englobados em uma esfera positiva, a partir então Thomson supôs que a maior parte do átomo seria determinado pelos elétrons.

Ainda segundo Lopes (2009), foi desenvolvido um experimento que usava agulhas magnetizadas fixadas em discos flutuando na água, tendo os polos iguais das agulhas na mesma direção, se repelindo. Em cima da superfície foi um ímã, onde produziu uma força atrativa já que o polo inferior do ímã foi colocado em oposto aos da agulha.

A partir dos resultados apresentado nesse experimento, Thomson calculou a oscilação e sua frequência e então, a partir desses cálculos determinou a distribuição dos átomos afins de dar estabilidade aos anéis. O estudo no final indicou que por motivos de estabilidade eletrodinâmica o número de corpúsculos são variáveis em cada anel e a partir daí Thomson, em 1898, propôs a distribuição eletrônica de átomos, que segundo ele, o átomo era constituído de uma esfera com carga elétrica uniforme e positiva, além disso, dentro dessa mesma esfera existe um número de corpúsculos dispostos em uma série de anéis paralelos.

Thomson procurava explicar as propriedades químicas como a valência dos elementos e ligação química, já que quando os átomos em que os corpúsculos estão muito estáveis, acabam misturados com átomos em que não estão presos e as forças que agem sob os corpúsculos faz com que ocorra uma transferência de um átomo pra o composto químico.

Também supôs que para os átomos radiativos ocorre a ejeção desse átomo devido aos corpos de pequenas dimensões em movimento, tal comportamento acaba emitindo radiação e vai reduzindo a velocidade fazendo com que os corpúsculos se distanciem das posições iniciais, diminuindo sua energia potencial e aumentando a cinética.

4.3 O que os livros didáticos de Química abordam sobre os estudos dos átomos?

Segundo Abd-El-Khalick e Lederman (2000) existem duas formas de introduzir conteúdos sobre a Ciência Química no ensino, uma implícita, na qual uma dinâmica com mensagens implícitas é apresentada e a construção do conhecimento surge como consequência do engajamento de cada um, possibilitando assim com que o estudante seja investigativo; outra explícita, na qual os materiais que auxiliam nessa abordagem tendem a incluir exemplos históricos possibilitando discussões sobre determinado assunto.

Os livros didáticos são um dos principais recursos didáticos utilizados por docentes e estudantes para ter acesso ao conhecimento científico, embora o acesso a esse conhecimento não seja único e tão menos um acesso democrático. Os livros didáticos atualmente reforçam a ideia de que os cientistas e todas as suas descobertas foram desenvolvidas de maneira

imediatista e assim, tornando as contribuições históricas apresentadas sem valor para a descoberta que de fato se tornou popular.

Nesses mesmos livros, é comum a apresentação de que a ciência não se preocupa com o processo, desde conceitos e etapas que contribuíram para a conclusão de um estudo. Segundo Matthews (1995, p. 19) toda prática científica é enriquecida pelas informações da História da Ciência: “Tanto a teoria como, particularmente, a prática do ensino de ciências está sendo enriquecidas pelas informações colhidas da história e da filosofia da ciência”.

Segundo Taber (2003), referente ao ensino do conceito de átomo, a forma como os conteúdos são abordados atende a objetivos educacionais e não cientificamente preciso, evidenciando assim a diferença do modelo de átomos que é ensinado em relação ao que foi desenvolvido e apresentado à comunidade científica. O autor explica que isso ocorre devido a alguns motivos de grande impacto, sendo um deles a concepção que os próprios professores têm do tema, mostrando assim a necessidade de um ensino mais amplo e qualificado, inclusive no ensino de graduação.

Esse autor pontua que, a necessidade de tornar o caminho para a compreensão sobre os átomos mais fácil para os estudantes acaba fazendo com que processos considerados por muitos irrelevantes, passem despercebidos já que assim, usa a linguagem mais próxima do aluno e tornando tudo mais óbvio. “Alunos e químicos profissionais podem, às vezes, falar sobre átomos de maneiras que são superficialmente muito semelhantes, o que, portanto, torna os aspectos problemáticos das ideias do aluno menos óbvio” (TABER, 2003, p. 3).

A maioria dos livros de Química na Educação Básica acabam considerando os modelos atômicos mais conhecidos como “átomos reais e verdadeiros” que existem na natureza. Não há discussão para o fato desses modelos não refletirem a “realidade”, indicando uma fragilidade do ensino desse conteúdo, cujos modelos são abordados de maneira fragmentada, sem considerar suas especificidades.

O conteúdo curricular de modelos atômicos é apresentado a partir de diferentes representações do átomo, junto com imagens/fotografias que remetem a seus idealizadores. O pensamento acerca da constituição da matéria, como apresentado anteriormente, teve origem na Grécia antiga e desde então diversos modelos atômicos distintos acabaram surgindo. Mas a abordagem desse conteúdo se limita somente a apresentações dos modelos e seus responsáveis de uma maneira muito simplificada e fazendo uso de analogias. Schnetzler e Santos (1997) ressaltam que esse nível deve ser ensinado por meio do uso de modelos mais simples, já que assim eles seriam mais acessíveis para a compreensão dos estudantes, e esse estudo, aconteceria

através de uma discussão acerca dos aspectos macroscópicos das propriedades dos materiais e das transformações envolvidas.

Os modelos são, de acordo com Santana, Sarmento e Wartha (2011), necessários para que aconteça uma relação com o que quer que seja ressaltado, enfatizando que o modelo não é a cópia da realidade, mas sim uma representação, nada mais que uma analogia. Logo, essas representações não passam de explicações provisórias, com capacidade explicativa, sendo maior do que a analogias e seu uso.

Para verificar quais agentes históricos do século XIX, relacionados ao estudo do átomo, são apresentados em livros didáticos de Química Geral utilizados no ensino superior, realizamos uma pesquisa com quatro exemplares de livros (**Quadro 2**).

Quadro 2 - Agentes históricos que contribuíram para o desenvolvimento do conceito de átomo no século XIX apresentados em livros didáticos de Química Geral

Autor	Agentes históricos e suas contribuições
Bettelheim <i>et al.</i> (2016)	<p>“Em 1808, o químico inglês John Dalton (1766-1844) apresentou um modelo de matéria que é a base da moderna teoria atômica científica”.</p> <p>“1. Toda matéria é formada de partículas muito pequenas e indivisíveis, que Dalton chamou de átomos. 2. Todos os átomos de um dado elemento têm as mesmas propriedades químicas. Inversamente, átomos de diferentes elementos têm diferentes propriedades químicas. 3. Em reações químicas comuns, nenhum átomo de qualquer elemento desaparece ou se transforma em um átomo de outro elemento. 4. Compostos são formados pela combinação química de dois ou mais tipos de átomos. Em um dado composto, os números relativos de átomos de cada tipo de elemento são constantes e quase sempre expressos como números inteiros. 5. Molécula é uma combinação de dois ou mais átomos que agem como uma unidade”. (p. 31-32)</p>
Kotz <i>et al.</i> (2016)	<p>“Por volta de 1900, na Inglaterra, uma série de experimentos feitos por cientistas, como Sir Joseph John Thomson (1856-1940) e Ernest Rutherford (1871-1937), estabeleceu um modelo do átomo que ainda é a base da teoria atômica moderna” (p. 55).</p> <p>“No início do século XIX, John Dalton (1766-1844) sugeriu que as combinações de elementos envolvessem átomos, e propôs uma escala relativa de massas atômicas. Aparentemente, para simplificar, Dalton escolheu uma massa de 1 para o hidrogênio, na qual iria basear sua escala” (p. 56).</p> <p>“A ideia de que os átomos são as unidades estruturais da matéria foi definida de maneira correta pelo químico inglês John Dalton no início dos anos 1800, mas pouco era conhecido sobre os átomos naquela época e por muito tempo depois. Dalton propôs que um átomo era uma “partícula móvel sólida, maciça, dura e impenetrável”, longe da descrição que temos hoje” (p. 64).</p> <p>“Em 1897, J. J. Thomson (1856-1940) na Universidade de Cambridge, na Inglaterra, relatou que essas partículas eram cerca de 1/2000 da massa de um átomo de hidrogênio. Elas ficaram conhecidas como elétrons, um termo já inventado para descrever a menor partícula de energia elétrica. Thomson concluiu que os elétrons se originam dos átomos do cátodo, e especulou também que um átomo era uma esfera uniforme de matéria carregada positivamente na qual elétrons negativos estavam incluídos, um modelo que agora sabemos que é incorreto” (p. 64).</p>
Chang (2010)	<p>“Em 1808, um cientista e professor inglês, John Dalton, formulou uma definição precisa dos blocos indivisíveis constituintes da matéria aos quais denominamos átomos. O trabalho de Dalton marcou o início da era moderna da química. As hipóteses acerca da natureza da</p>

	<p>matéria nas quais a teoria atômica de Dalton se baseia podem ser resumidas da seguinte forma:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os elementos são constituídos por partículas extremamente pequenas chamadas átomos. 2. Todos os átomos de dado elemento são idênticos, tendo o mesmo tamanho, massa e propriedades químicas. Os átomos de um elemento são diferentes dos átomos de todos os outros elementos. 3. Os compostos são constituídos por átomos de mais de um elemento. Em qualquer composto, a razão entre os números de átomos de quaisquer elementos presentes é um número inteiro ou uma fração simples. 4. Uma reação química envolve apenas a separação, combinação ou rearranjo dos átomos: não resulta na sua criação ou destruição” (p. 29) <p>“Com base na teoria atômica de Dalton, podemos definir um átomo como a unidade básica de um elemento que pode participar de uma combinação química” (p. 30).</p> <p>“O físico inglês J. J. Thomson usou o tubo de raios catódicos e seu conhecimento da teoria eletromagnética para determinar a razão entre a carga elétrica e a massa de um elétron” (p. 31).</p>
Atkins, Jones e Laverman (2018)	<p>“Em 1807, John Dalton interpretou resultados de muitos experimentos para propor a hipótese atômica, que diz que a matéria é feita de átomos. Embora Dalton não pudesse ver os átomos, ele pôde imaginá-los e formular sua hipótese atômica. A hipótese de Dalton foi uma intuição monumental que permitiu que outros pudessem compreender o mundo de uma nova maneira” (p. F3).</p> <p>“O primeiro argumento convincente em favor dos átomos, baseado em experimentos, não em especulação, foi apresentado em 1807 pelo professor de escola elementar e químico inglês John Dalton (Fig. B.2). Ele mediu muitas vezes a razão entre as massas dos elementos que se combinam para formar as substâncias a que chamamos de “compostos” e verificou que as razões entre as massas mostravam uma tendência” (p. F16).</p> <p>“Dados desse tipo levaram Dalton a desenvolver sua hipótese atômica: 1. Todos os átomos de um dado elemento são idênticos. 2. Os átomos de elementos diferentes têm massas diferentes. 3. Um composto utiliza uma combinação específica de átomos de mais de um elemento. 4. Em uma reação química, os átomos não são criados nem destruídos, porém trocam de parceiros para produzir novas substâncias” (p. F16).</p> <p>“John Dalton descreveu os átomos como esferas simples, como bolas de bilhar” (p. 2).</p> <p>“A primeira evidência experimental da estrutura interna dos átomos foi obtida em 1897. O físico britânico J. J. Thomson [...] investigava os “raios catódicos”, os raios emitidos quando uma grande diferença de potencial (alta voltagem) é aplicada entre dois contatos de metal, chamados de eletrodos, em um tubo de vidro sob vácuo [...]. Ao observar a direção do desvio do feixe causado por um campo elétrico aplicado aos eletrodos, Thomson demonstrou que os raios catódicos são fluxos de partículas negativas oriundas do interior dos átomos do eletrodo de carga negativa, o catodo. Thomson descobriu que as partículas carregadas, que depois foram chamadas de elétrons, eram as mesmas, independentemente do metal usado no catodo” (p. 2).</p>

Fonte: Elaborado pela autora a partir das referências indicadas no quadro (2022)

Podemos observar que o agente histórico Dalton aparece nos quatro livros didáticos consultados, no entanto, as abordagens apresentadas são distintas, tal como a data atribuída a publicação/enunciação da teoria atômica é considerada como sendo 1807 para Atkins, Jones, Laverman (2018), 1808 para Chang (2010) e Bettelheim *et al.* (2016) e início do século XIX para Kotz *et al.* (2016).

5 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica e documental (SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009, p. 6), que é diferenciada pela natureza das fontes: "[...] a pesquisa bibliográfica remete para as contribuições de diferentes autores sobre o tema, atentando para as fontes secundárias, enquanto a pesquisa documental recorre a materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, as fontes primárias". Tal abordagem de pesquisa está inserida na perspectiva da História da Ciência na busca e identificação de "[...] vestígios para poder depois coletá-los, organizá-los, analisá-los e interpretá-los" (CRUZ, 2006, p. 168). Neste contexto, entendemos que "[...] os documentos constituem-se na matéria-prima, dado crucial da historiografia, mas não se constituem propriamente na história. Tornam-se história por meio da análise e interpretação" (CRUZ, 2006, p. 168).

Utilizando como referencial teórico Martins (2005) seguimos algumas etapas do trabalho em História da Ciência. A primeira etapa constituiu em “refletir sobre o problema estudado”, que no presente trabalho está relacionado ao desenvolvimento do conceito de átomo durante o século XIX.

A reconstrução histórica dos estudos a respeito do conceito de átomo foi realizada utilizando, como pontuado por Martins (2005), duas abordagens, uma conceitual (internalista) e outra não-conceitual (externalista). A primeira busca discutir os fatores científicos e a segunda os fatores extra científicos como por exemplo a influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos relacionados ao assunto que então é pesquisado.

A segunda etapa do trabalho em História da Ciência constituiu em “[...] fazer levantamentos, selecionar e localizar documentos, buscá-los ou obter cópias deles e analisá-los” (MARTINS, 2005, p. 307) na tentativa de compreender o objeto de estudo selecionado. Para isso, definimos alguns itens norteadores desta etapa do trabalho:

- I. *Informações gerais:* (i) autor que propôs o modelo/teoria atômica; (ii) ano de publicação; (iii) veículo de publicação;
- II. *Na perspectiva internalista:* (i) critério utilizado para o desenvolvimento do modelo/teoria atômica; (ii) os conhecimentos químicos da época são concordantes com o modelo/teoria atômica apresentado?
- III. *Na perspectiva externalista:* (i) formação e atuação profissional do autor; (ii) importância do veículo de publicação, considerando inclusive o idioma no qual foi publicado; (iii) recepção pela comunidade de praticantes da Química;

- IV. Comparação dos modelos/teorias atômicas apresentadas nos livros selecionadas com os modelos/teorias atômicas presentes em livros didáticos de Química Geral.

A terceira etapa do trabalho consistiu em “[...] escrever, elaborar uma argumentação, discutir trabalhos historiográficos anteriores sobre o mesmo assunto e fundamentar bem suas conclusões” (MARTINS, 2005, p. 307).

Para a busca de informações que contribuíssem para o estudo historiográfico, realizamos buscas utilizando *Google Books* e *archive.org*, por livros de História da Química ou específicos sobre o desenvolvimento de teorias atômicas publicados no século XIX ou início do século XX. Esse recorte temporal tem como objetivo buscar por evidências de trabalhos sobre o conceito de átomo publicados no século XIX, assim como informações que nos permita entender por que determinados trabalhos foram aceitos, abandonados ou rejeitados pelos praticantes da Química. A partir dessas “pistas” os trabalhos originais, na medida do possível, foram buscados, avaliados e sintetizados para reconstrução histórica.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos informações sobre os livros selecionados para compor o estudo historiográfico com o objetivo de contextualizar essas obras e seus escritores no campo de conhecimento da Química do século XIX. Na sequência, para cada uma dessas obras, selecionamos excertos com o objetivo de construir uma narrativa sobre o desenvolvimento do conceito de átomo no século XIX. Para isso utilizamos o recurso de busca por palavras disponíveis no *software* de leitura de arquivos pdf.

6.1 Sobre os livros selecionados

A partir de buscas utilizando *Google Books* e *archive.org* selecionamos quatro livros cujos títulos estão relacionados ao conceito de átomo ou ao desenvolvimento da teoria atômica (Quadro 3). Os livros foram publicados no período de 1875 a 1961, abrangendo assim dois séculos de estudos e visões referente ao tema.

Quadro 3 - Livros selecionados para o presente trabalho

Livro	Autor	Ano de publicação	Número de páginas
<i>Lucretius and the atomic theory</i>	John Veitch	1875	93
<i>A new view of the origin of Dalton's atomic theory</i>	Henry E. Roscoe e Arthur Garden	1896	191
<i>The study of the atom; the foundations of Chemistry</i>	Francis Venable	1904	290
<i>The development of the atomic theory</i>	Andrew Norman Meldrum	1920	13

Fonte: Autoria própria (2022)

O livro *Lucretius and the atomic theory*, publicado em 1875, apresenta, no que se refere ao escopo do presente trabalho, uma comparação da ideia de átomo do filósofo grego Lucrecio e a teoria atômica do vórtice. John Veitch (1829-1894) foi um filósofo, poeta e historiador escocês e assina o livro como professor de Lógica e Retórica na Universidade de Glasgow.

Publicado em 1896 pelo químico inglês Henry Enfield Roscoe (1833-1915) e bioquímico inglês Arthur Harden (1865-1940), o livro *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* apresenta de forma bem clara a construção da teoria atômica de Dalton. Os dois autores foram bastante ativos em suas pesquisas e produções acadêmicas. Harden foi agraciado em 1929 com o prêmio Nobel de Química. Roscoe, além de ganhar alguns prêmios tais como a Medalha Real (1873) e a Medalha Elliott Cresson (1912), contribuiu para novas áreas da Química, tal como a fotoquímica, e seus livros didáticos de Química tiveram uma grande circulação e traduções em várias línguas estrangeiras.

O livro *The study of the atom; or, the foundations of Chemistry*, publicado por Francis Venable em 1904, destaca algumas das contribuições dos filósofos gregos antigos e do período entre os gregos até Dalton, principalmente essa parte que é desconsiderada nos livros didáticos, além de conter informações importantes de estudos sobre o átomo, como o modelo matemático vórtice. Francis Venable (1856-1934) foi químico, educador e presidente da Universidade da Carolina do Norte, sempre com muita influência teve diversos livros publicados que são usados até hoje como base para outros autores.

Publicado em 1920 pelo químico escocês Andrew Norman Meldrum (1876-1934), o livro *The development of the atomic theory* explora a importância de se fazer novos estudos historiográficos em seu início e sobre a disputa de prioridade entre Dalton e Higgins.

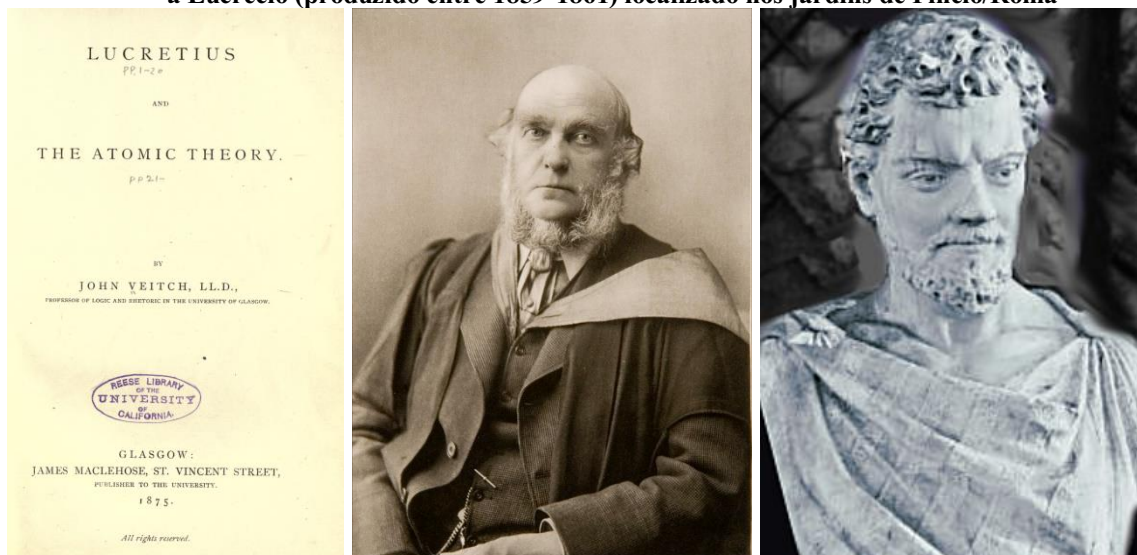
Na próxima seção apresentaremos fragmentos textuais selecionados de cada um dos livros indicados no **Quadro 3**, que estão relacionados ao desenvolvimento do conceito de átomo. A seleção dos fragmentos textuais foi orientada com o objetivo de responder a seguinte pergunta: quais teorias/modelos atômicos são apresentados nos livros selecionados?

6.2 Quais teorias atômicas são apresentadas nos livros selecionados?

6.2.1 *Lucretius and the atomic theory* (1875)

Em *Lucretius and the atomic theory* [Lucrecio e a teoria atômica], Veitch (1875) compara a teoria atômica do filósofo grego Lucrecio (**Figura 1**) com teorias atômicas do século XIX, tal como a teoria de Dalton e a teoria dos anéis de vórtice de William Thomson.

Figura 1 - Capa do livro *Lucretius and the atomic theory*, fotografia de John Veitch e busto em homenagem à Lucrecio (produzido entre 1859-1861) localizado nos jardins de Pincio/Roma



Fonte: (a) *Print screen* do livro; (b) <https://universitystory.gla.ac.uk/biography/?id=WH2093&type=P>; (c) <https://es.wikipedia.org/wiki/Lucrecio>

Na obra, Veitch (1875) apresenta poucas informações sobre Lucrécio. Segundo o autor, supõe-se que Lucrécio tenha nascido 99 aEC (antes da Era Cristã), e ter morrido 55 aEC, aos 44 anos. O *De Rerum Natura* [A natureza das coisas]² de Lucrécio provavelmente foi publicado pela primeira vez no ano seguinte à sua morte, em 54 aEC.

Veitch (1875) argumenta que:

Se excluirmos os primeiros e agora fragmentários tratados [...] sobre a natureza de Xenófanes, Parmênides e Empédocles, que Lucrécio tomou como seu modelo, é o único poema da antiguidade que tem como tema distintivo os fenômenos da natureza; e é o único poema clássico que mostra um interesse direto maior pela natureza externa do que pelo sentimento ou ação humana (VEITCH, 1875, p. 10, tradução nossa).

Segundo o autor, por natureza Lucrécio entende os “[...] fatos de natureza inanimada, senciente e inteligente como matéria de investigação científica e reflexiva. A natureza é de fato aquilo que existe para nós, sendo como matéria de nossa experiência” (VEITCH, 1875, p. 10, tradução nossa).

O autor chama a atenção para algumas características marcantes da obra de Lucrécio, que estão relacionadas à especulação, pensamento abstrato, e imaginação sobre os fenômenos da Natureza.

[...] o interesse principal do *De Rerum Natura*, portanto, não depende da simples observação e descrição dos fenômenos, ou de uma contemplação estética deles. Certamente temos esses elementos, mas eles são inteiramente subordinados na mente do poeta ao interesse especulativo na origem, constituição e permanência do sistema de coisas que é dado na experiência. Seu sentimento imaginativo sobre a Natureza é de um tipo muito marcante e intenso; e está inseparavelmente ligado à sua doutrina metafísica última da origem do mundo ordenado (VEITCH, 1875, p. 11, tradução nossa).

Lucrécio, como pontua Veitch (1875), é direto em sua descrição da natureza, totalmente realista e genuíno. Ao classificar Lucrécio como um naturalista, Veitch (1875, p. 20, tradução nossa) indica que o filósofo grego:

[...] está assim entre os menos sensuais dos poetas; ele é aquele que, para efeito sobre a imaginação, depende muito pouco do mero sentimento orgânico, seja o definitivamente sensacional ou o geralmente agradável, e muito da percepção intelectual tornada vívida ao sentido. O elemento do sentimento orgânico certamente entra em sua representação da natureza, e entra de maneira verdadeira e impressionante; mas não é isso que inspirou seus maiores esforços imaginativos.

Na introdução do livro, Veitch (1875, p. 7) faz uma reflexão sobre o aparente senso comum, vivenciado naquele período, de que “a especulação, ou pensamento abstrato, e a

² A tradução do latim para o português {Tomo I (1851) e Tomo II (1853)} foi realizada por Antonio José de Lima Leitão (1787-1856), mais conhecido por Lima Leitão, médico, político, militar, escritor, e professor português.

imaginação são incompatíveis”. O autor argumenta que, “[...] talvez raramente sejam encontrados juntos em exercício notável no mesmo indivíduo; e isso, embora não seja prova de sua incompatibilidade, é bastante suficiente para satisfazer uma lógica popular” (VEITCH, 1875, p. 7, tradução nossa). Para o autor, “quanto mais você pode individualizar o pensamento, mais claro ele se torna, menos verbal, quanto mais real; e toda individualização, toda incorporação do abstrato, é um esforço imaginativo, e muitas vezes muito difícil” (VEITCH, 1875, p. 8, tradução nossa).

Nos fragmentos indicados acima, podemos observar que Veitch argumenta sobre a importância da imaginação para entender o abstrato. Característica essa que se tornou muito frequente na Química, que ao longo de seu desenvolvimento se tornou uma disciplina cuja base conceitual é fortemente abstrata.

Mas, no período histórico vivenciado por Veitch - no qual as ciências buscavam, em uma perspectiva positivista, se desenvolver utilizando o método científico, estabelecimento de leis gerais e matematizadas -, o autor defende que não há incompatibilidade entre especulação e imaginação e a busca pelo entendimento do funcionamento dos fenômenos:

Longe de haver qualquer incompatibilidade entre a especulação, a busca do elemento mais geral ou universal em nossas noções de coisas, e o jogo da imaginação ao lado disso, vívido como um real presença, há, em todo pensador normal, uma verdadeira harmonia. [...] Essa impressão de uma incompatibilidade entre o intelectual e o imaginativo mostra-se infundada por muitos nomes no curso da especulação abstrata (VEITCH, 1875, p. 8-9, tradução nossa).

Como exemplo de pessoas que utilizaram o intelectual e o imaginativo para o desenvolvimento de constructos abstratos, o autor cita, além de Lucrecio, o filósofo grego Platão (428/427-348/347 aEC) e o matemático, escritor, inventor, filósofo e teólogo francês Blaise Pascal (1623-1662).

Ao explicar a origem do mundo, Lucrecio utiliza o conceito de átomo, assim como apresenta várias características dessa entidade.

Os princípios que Lucrecio estabelece e as suposições que ele faz para explicar a origem do mundo, todos tocam a imaginação do mesmo lado do sentimento do ilimitado. O *átomo*, de fato, o *primórdio*, esse último além do qual a inteligência não pode e não precisa ir para resolver a origem da terra, do mar e dos céus, é um mínimo absoluto ou indivisível. Não pode ser gerado nem dissolvido no tempo. É um sólido eterno, singular, absolutamente incompressível, ou sem vazio interno. Não tem qualidade sensorial, nem cor, sabor, cheiro, nem som, é invisível. No entanto, é capaz de movimento e impacto e, portanto, de produzir todas as nossas múltiplas sensações (VEITCH, 1875, p. 20-21, tradução nossa, grifos nossos).

Lucrécio, segundo Veitch (1875, p. 21, tradução nossa, grifo nosso), considera que “em variedade de forma, os *primórdios* são limitados, mas em número de indivíduos em cada tipo de forma são infinitos” [Tomo II (versos 478 e 523)]. Desta forma, podemos entender que existem diferentes formas para os *primórdios*, no entanto, o autor não menciona quais seriam essas formas, nem a quantidade de formas possíveis. Mas para cada tipo de forma, o número de indivíduos possíveis seriam infinitos. Essas características dos *primórdios*, descritas por Lucrécio, são semelhantes ao conceito de átomo em desenvolvimento no século XIX.

Na sequência, Veitch (1875, p. 21, tradução nossa) apresenta outras características dos *primórdios*, tais como “seu movimento é possível através da existência de um espaço vazio ou livre sem resistência”. A partir desse fragmento textual, Veitch começa a utilizar o termo *átomo* e *primórdio* sem mencionar se os dois termos eram empregados por Lucrécio ou se o uso do termo *átomo* era para dialogar com os conhecimentos científicos do período vivenciado por Veitch.

Átomo e vazio são os fundamentos supremos do universo. Nada existe exceto estes, e o que sai deles. Como o espaço é infinito, não há centro ou ponto mais baixo em que os átomos possam descansar em posição. Eles estão sempre fluindo através do espaço por todos os lados, e são supridos de suas profundezas insondáveis; e eles têm movido a si mesmos, por seu próprio peso e por impacto mútuo através do tempo sem fim. Por fim, os primeiros elementos, depois de testar todo tipo de produção possível por suas combinações mútuas, reuniram-se subitamente em massas que eram os rudimentos da terra, do mar e do céu, e a raça dos seres vivos [...] e constituíram o mundo ordenado que agora vemos. As diferentes combinações dos *primórdios*, efetuadas pelo movimento, constituem e explicam a variedade das coisas no mundo sensível (VEITCH, 1875, p. 21-22, tradução nossa, grifos nossos).

Lucrécio, segundo Veitch (1875), apresenta uma explicação para a origem de nosso mundo, na qual os átomos e suas características (tais como forma, tamanho, peso e movimento) são elementos explicativos.

O estado original de nosso mundo pareceria, assim, ser um agregado de átomos frouxamente jogados [...] como resultado do grande turbilhão atômico que estava acontecendo no vazio imensurável. Entre os átomos há diferença de forma, tamanho e peso. O peso de cada átomo determina seu movimento perpendicular para baixo através do vazio e, como o vazio não resiste, cada um cai com a mesma velocidade (VEITCH, 1875, p. 22, tradução nossa).

Dialogando com Lucrécio, Veitch (1875, p. 22, tradução nossa) questiona “Por que, então [...] eles [Veitch se refere aos *primórdios* de Lucrécio] não continuam para sempre nessa direção descendente através do infinito do espaço?”. Segundo Veitch (1875, p. 22-23, tradução nossa), a resposta a esta pergunta está relacionado ao movimento e peso dos *primórdios* (denominados por Veitch como *átomos*):

[...] desviando-se de alguma forma das linhas paralelas de suas trajetórias de queda, há impacto e rebote. Os átomos mais leves são assim forçados para cima e formam o éter, a esfera mais alta, com seus grandes fogos rolantes circundando o mundo. De outros movimentos ascendentes de átomos não tão leves quanto o etéreo, surgem o sol e a lua, cujas esferas giram no ar a meio caminho entre a terra e o éter. Depois que estes foram formados, os outros átomos mais grosseiros se uniram e formaram a terra.

No fragmento textual acima, o autor sintetiza como Lucrécio explica a formação dos diferentes tipos de átomos, os mais pesados são formados a partir dos mais leves, sugerindo que há um tipo de átomo inicial que formou os demais tipos de átomos conhecidos. Nessa perspectiva, podemos entender que o termo *primórdio* (que segundo o dicionário está relacionado ao “Momento relacionado à origem ou ao surgimento de alguma coisa [...]; princípio, início”) empregado na obra de Lucrécio é mais pertinente do que o termo *átomo*, que já era conhecido na obra de Epicuro.

Segundo Leitão (1851), tradutor da obra *De Rerum Natura* do latim para o português, o termo *átomo* não é utilizado na obra de Lucrécio, mas sim na obra do filósofo grego Epicuro (341-271/270 aEC). A adoção do termo é explicado, segundo Leitão (1851), para evitar perífrase:

Ainda que Lucrécio não empregasse uma única vez no seu poema o termo *atomo*, entra ele todavia n’esta versão, como tem entrado nas outras; 1.º para evitar as periphrases, e porque é palavra corrente nas línguas modernas; porque Epicuro não somente o empregou para designar os princípios da matéria, mas foi o primeiro que o introduziu na Philosophia Corpuscular. Demócrito tinha chamado aos elementos - *cheios* - porque se não misturam com vacuo algum: Metrodoro de Scio os havia chamado - *indivisíveis* -, porque se recusam a qualquer divisão. Mas Epicuro dá o nome de *atomos* aos corpúsculos que estes philosophos tinham designado pelos nomes de *cheios* e *indivisíveis* (LEITÃO, 1851, p. 64, grifos do autor).

Em Leitão (1851), podemos entender que o termo *átomo*, no século XIX, era bem aceito pelos praticantes da ciência para designar os princípios da matéria e foi utilizado por tradutores e estudiosos do século XIX para designar o *semina et primordia rerum* [sementes e os primórdios das coisas] de Lucrécio. Na apresentação da tradução, por exemplo, Leitão (1851, p. VII) esclarece “[...] que para exprimir o *semina et primordia rerum* do texto, quase sempre uso da palavra *atomo* que lá não vem nem só uma vez; mas vendo que na Philosophia de Epicuro vem claramente designado o termo *atomo* como exprimindo o *semina et primordia rerum* [...]”.

[...] a gênese das coisas, como diz Lucrécio, é a dos primórdios atômicos ilimitados, mas definidos, movendo-se pelo vazio incomensurável, durante o tempo incomensurável, finalmente se revestindo com o limite da forma sensível e passando para o mundo ordenado que conhecemos [...]. Os átomos têm formas e pesos variados; movimento e impacto após revoluções intermináveis dão-lhes definição de forma e posição sensíveis. Os rudimentos das coisas são uma síntese do infinito e do absoluto, da infinidade do número e dos movimentos no tempo, e do absoluto do mínimo ou da constituição. A fixidez ou limite surge de um conflito entre o alcance infinito do poder

atômico e a constituição definida de suas partes ou átomos. O mundo de nossa experiência é, por assim dizer, o ilimitado e o limitado conciliados na unidade temporária. Poder, em um aspecto, vasto, imensurável, mas dominado por si mesmo no progresso de sua evolução, o ilimitado autolimitado, o indefinido tornado definitivo, a ordem desabrochando no caos, isso, qualquer que seja seu valor especulativo, é imaginativamente uma das formas mais grandiosas do sublime. É um análogo daquela mais elevada de nossas concepções, uma vontade absoluta, consciente de si mesma e de seus poderes, mas mantendo tudo ao alcance do autodomínio e do autocontrole (VEITCH, 1875, p. 23-24, tradução nossa).

A ordem nos fenômenos naturais, que estão sujeitos à leis e a uma necessidade causal, é percebido na obra de Lucrecio, tal como pode ser observado no fragmento textual a seguir:

Nesse sistema, que surgiu da mera conjunção, há, no entanto, a presença e a operação de causas definidas, sujeitas à necessidade da lei e da natureza, que produzem efeitos perfeitamente definidos. O ser, que começa, não pode surgir do nada. Mudança implica causa; e nada pode ser a causa de nada: pois as causas têm naturezas ou poderes especiais e, portanto, produzem resultados ou efeitos especiais. Pelo menos no que diz respeito ao mundo exterior, as sucessivas evoluções nele manifestadas estão sujeitas à lei e à necessidade (VEITCH, 1875, p. 24, tradução nossa).

Veitch (1875), ao dialogar a teoria de Lucrecio com os conhecimentos produzidos na época, pontua que:

A principal modificação que a teoria de Lucrecio sofreu nos tempos modernos é quanto à suposta dureza impenetrável do elemento atômico. Essa característica do átomo é substituída pela de uma mobilidade absoluta, de modo que não pode ser conceberavelmente fixa e dividida. Isso é chamado de **teoria dos átomos de anéis de vórtice**, e a matéria é, em última análise, suposta, como por Sir **William Thomson**, para consistir em "porções rotativas de um fluido perfeito, que continuamente preenche o espaço". É óbvio, penso eu, que os próprios termos desta hipótese impedem que aceitemos os átomos do anel de vórtice como o último da matéria (VEITCH, 1875, p. 37, tradução nossa, grifos nosso).

No fragmento textual indicado acima, Veitch chama a atenção do leitor para a teoria dos átomos de anéis de vórtice de William Thomson, que se distancia da descrição do *primórdio* de Lucrecio, uma entidade dura e impenetrável. O autor se refere ao físico-matemático e engenheiro britânico William Thomson (1824-1907), também conhecido como Lorde Kelvin, que foi considerado um líder nas ciências físicas do século XIX, que fez importantes contribuições na análise matemática da eletricidade e termodinâmica, e para a unificação de disciplinas emergentes da física em sua forma moderna. É conhecido por desenvolver a escala Kelvin de temperatura absoluta

Segundo Veitch (1875, p. 39, tradução nossa), “a hipótese atômica” de Lucrecio “é necessariamente muito fraca no que diz respeito aos princípios de combinação entre os átomos”.

Há diferença de forma, de tamanho e de peso, e há um movimento perpendicular descendente atribuído ao peso. Há ainda um movimento ascendente dos átomos mais

leves devido ao impacto e rebote; e isso surge de um desvio dos átomos descendentes do paralelismo de suas trajetórias de queda. Há também emaranhados entre os átomos, por meio de ganchos e garras. Essas concepções são obviamente simples e grosseiramente mecânicas. Eles podem ser tomados, no máximo, como prenúncios muito obscuros da gravidade e coesão. As ideias de atração e repulsão polar, e de afinidade química, não têm lugar. O movimento atômico do tipo suposto daria, na melhor das hipóteses, apenas agregados de partículas. A composição em qualquer sentido próprio não está prevista. A variedade de formas e tipos de coisas em nossa experiência só poderia ser considerada irracionalmente como devida às condições primitivas de ser concebida de forma tão rude e imperfeita. Lucrécio, de fato, parece entreter a concepção de acréscimos feitos ao mundo desde sua primeira produção, a partir do incessante turbilhão atômico que o envolve por todos os lados, e de corpos sendo assim acrescentados cada um à sua classe ou espécie apropriada, como umidade à umidade, e o fogo ao fogo, simplesmente por golpes. Mas isso obviamente está atribuindo resultados a uma causa totalmente inadequada. As ideias, além disso, de classe e limite de crescimento, ou organismo, que é simplesmente crescimento sob limite, são pressupostas (VEITCH, 1875, p. 39-40, tradução nossa).

As reflexões apresentadas anteriormente são apresentadas por Veitch (1875) no sentido de reforçar as limitações do modelo explicativo proposto por Lucrécio. Para isso, o autor retoma os movimentos dos *primórdios* de Lucrécio, indicando a limitação em explicar a existência da variedade de coisas percebidas por nossos sentidos e a existência de modelos explicativos mais abrangentes, tais como a gravidade e coesão.

Veitch (1875) pontua que existem duas perspectivas ao considerar a divisibilidade do *primórdio* de Lucrécio, uma de caráter quantitativo e outra qualitativa.

Um átomo, como um ponto no espaço, é sem dúvida quantitativamente divisível, isto é, se o concebermos ou imaginarmos, possivelmente será separável em pensamento. Mas então, ao mesmo tempo, pode ser qualitativamente indivisível. Em outras palavras, nenhuma análise possível, real ou conceitual, pode extrair dela nada além de uma unidade homogênea, ela mesma e nada mais. E é neste último sentido de que o átomo é propriamente dito como absolutamente indivisível. Não há, portanto, como me parece, nenhuma incompatibilidade real entre a doutrina da divisibilidade última e a dos atomistas (VEITCH, 1875, p. 39-40, tradução nossa).

Nesse fragmento textual, Veitch (1875) busca compatibilizar o modelo explicativo da matéria proposto por Lucrécio com os modelos explicativos em emergência no século XIX, tal como os produzidos por Dalton e Thomson. A partir dessa reflexão, o autor considera que a questão da divisibilidade da matéria é uma questão de perspectiva, atrelando a possibilidade do processo de divisibilidade à análises que permitem reconhecer qualidades da entidade analisada, sejam elas reais (percebidas pelos nossos sentidos ou determinadas experimentalmente) ou conceituais (utilizadas em modelos explicativos, mas não necessariamente reais). Desta forma, Veitch (1875) defende que as duas perspectivas da divisibilidade da matéria são complementares e necessárias para entender de forma integral o objeto de análise (seja os *primórdios* de Lucrécio ou o átomo do século XIX):

A noção de que os elementos últimos do corpo são simplesmente o absolutamente impenetrável, o que não pode ser espremido do espaço ou do ser, e que eles são capazes ao mesmo tempo de divisibilidade infinita, pelo menos no pensamento, não é necessariamente antagônica ao lucretiano ou atômica, se tomarmos distintamente a concepção de indivisibilidade qualitativa. A divisibilidade ideal de qualquer coisa que ocupe espaço é sempre possível, mas isso não é inconsistente com a noção de integridade completa da qualidade ou natureza definitiva da coisa. De fato, as duas noções devem caminhar juntas para constituir um pensamento total do objeto (VEITCH, 1875, p. 39-40, tradução nossa).

Segundo Veitch (1875, p. 41, tradução nossa) existe uma confusão adicional de pensamento sobre este ponto, para o autor duas questões se misturam.

Se somos capazes de isolar absolutamente um átomo de tudo o mais, de seus compostos, e torná-lo um objeto de apreensão direta por si mesmo, é uma questão; se somos obrigados a inferir sua existência a partir da observação e da experiência como um elemento do que existe agora, é outra questão.

Segundo o autor, “ao pensar indivíduos, nós os pensamos como encarnações de ideias gerais e, portanto, pensamos a ideia geral neles e junto com eles”, desta forma, as qualidades estão tanto incorporados a essas entidades construídas, quanto essas entidades são utilizadas para explicar as qualidades observadas, tal como ocorre com os *primórdios* de Lucrecio. O autor complementa que “não podemos conceber nem o indivíduo nem a ideia geral por si só, ou como outra coisa senão o elemento concorrente de um conhecimento complexo” (VEITCH, 1875, p. 42, tradução nossa). Tal reflexão faz sentido ao tentar entender a presença dessas *entidades primordiais* em *corpos compostos*:

[...] o pensamento dos elementos atômicos pode ser necessário para o pensamento do corpo composto, quando progredimos na análise do mesmo. Esta realmente parece ser a inferência adequada da *Lei da Combinação em Múltiplas Proporções* de Dalton. Dalton descobriu por experiência "Que os corpos são capazes de combinar uns com os outros, em uma proporção de peso, em duas vezes essa proporção, em três vezes essa proporção, e assim por diante, mas não em proporção intermediária". As inferências disso foram que existem átomos, que o átomo de cada corpo elementar tem um peso fixo, que difere daquele do átomo de qualquer outro corpo elementar (VEITCH, 1875, p. 42, tradução nossa).

No fragmento textual acima, o autor utiliza contribuições do estudo de Dalton acerca da combinação de corpos simples para produção de corpos compostos que resultou em postulados acerca do átomo. Esse período ficou marcado pelo estudo das relações quantitativas da matéria, que contribuíram para o desenvolvimento do que chamamos de Físico-Química.

Em relação as contribuições de Dalton, Veitch (1875, p. 42, tradução nossa) pontua que “esses átomos não são por si mesmos objetos dos sentidos; são inferidas como constituintes dos corpos elementares existentes. Assim, nós os conhecemos simplesmente como termos de um relacionamento”. Desta forma, os *átomos* de Dalton, diferente dos *primórdios* de Lucrecio,

podem ser entendidos como entidades abstratas, ausentes de qualidades, logo não são percebidos por nossos sentidos, mas são úteis para entender e explicar as qualidades dos corpos elementares. O autor complementa que, segundo a “Lei da Combinação em Múltiplas Proporções de Dalton”:

Tudo o que a lei estabelece é que os elementos atômicos, que não podem ser transformados em outros, formam compostos com outros elementos atômicos heterogêneos, segundo certas condições definidas de combinação; e assim dar resultados diferentes deles tomados separadamente (VEITCH, 1875, p. 42-43, tradução nossa).

Desta forma, a lei enunciada por Dalton contribui para entender a existência de corpos simples em corpos compostos, ou a existência de átomos (entidade abstrata sem qualidades) em compostos (entidade real com qualidades percebidas por nossos sentidos), “mas isso não torna os próprios átomos, de modo algum, objetos dos sentidos ou da apreensão, muito menos esclarece o modo da suposta combinação original dos corpos elementares” (VEITCH, 1875, p. 43, tradução nossa).

A forma como os átomos se combinam para formar compostos é uma lacuna no modelo explicativo de Dalton, essa lacuna é apresentada por Veitch (1875, p. 43, tradução nossa) no fragmento textual abaixo:

Ela [relação entre os corpos observados por Dalton] dá a lei segundo a qual estes [os átomos] se combinam em nossa experiência, e segundo a qual eles se combinarão universalmente, se reunidos dentro de certos limites. Mas sobre como, supondo que todos os elementos atômicos tenham sido originalmente separados, eles adquiriram tal colocação que podem se combinar até mesmo nas massas moleculares elementares, isso não diz nada.

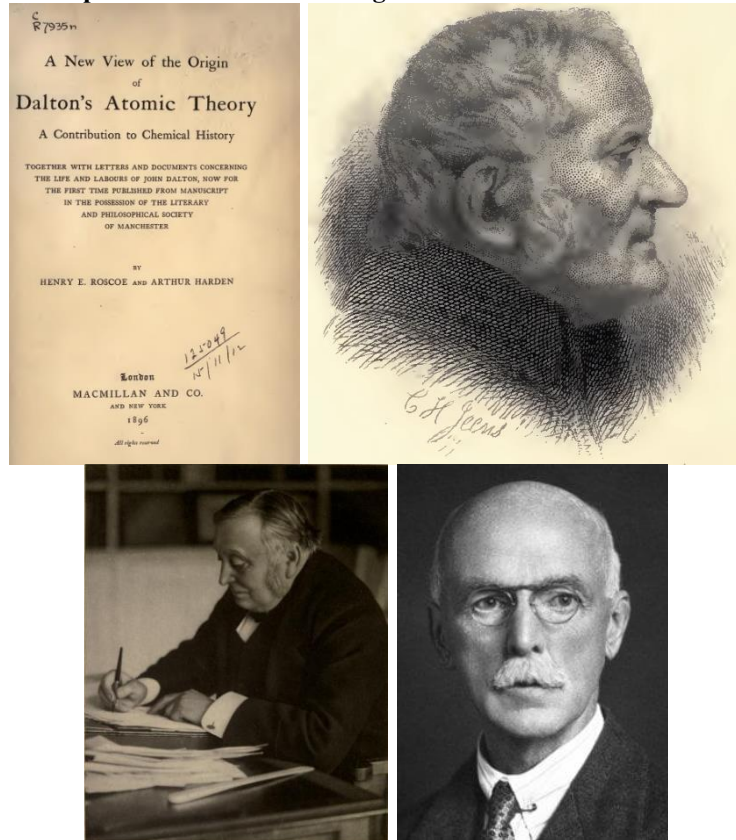
Veitch (1875) apresenta várias outras reflexões acerca do poema de Lucrecio, mas que para os objetivos do presente trabalho não serão aqui considerados. Ao longo da obra, o autor faz reflexões e diálogos com conhecimentos de sua época, trazendo, por exemplo, as contribuições de Thomson e de Dalton acerca do átomo.

6.2.2 *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* (1896)

No livro *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* [Uma nova visão da origem da teoria atômica de Dalton] (1896), como o título sugere, Roscoe e Harden apresentam um novo olhar para a origem da teoria atômica de Dalton (**Figura 2**). Segundo os autores, o lapso para a publicação de um trabalho com essas características, quase um século depois que John Dalton aplicou pela primeira vez a teoria atômica da matéria aos fenômenos químicos, é justificado pelo surgimento de novas evidências relacionados a vida e os trabalhos científicos

do químico de Manchester que foram objeto de memórias independentes por Charles Henry³ e Angus Smith⁴. A explicação encontra-se na descoberta inesperada, nas salas da Sociedade Literária e Filosófica de Manchester, onde foi realizado todo o trabalho experimental de Dalton, de seus cadernos de laboratório e de leitura.

Figura 2 - Capa do livro *A new view of the origin of Dalton's atomic theory* (1896), busto de Dalton apresentada no livro e fotografias de Roscoe e Harden



Fonte: *Print screen* do livro, Roscoe (1906) e <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1929/harden/biographical/>

Segundo Roscoe e Harden (1896), um estudo cuidadoso levaram os biógrafos de Dalton a conclusões sobre a origem da teoria atômica da Química que diferiam amplamente daquelas aceitas naquele período:

[...] foi a descoberta experimental da lei da combinação em múltiplas proporções que levou Dalton, buscando uma explicação desse fato tão notável, à ideia de que a combinação química consiste na aproximação de átomos de peso definido e característico, a teoria atômica sendo assim adotada para explicar os fatos apurados pela análise química (HENRY; ARTHUR, 1896, p. vii-viii, tradução nossa).

³ Os autores mencionam que o título do livro publicado por Charles Henry é *Life of Dalton*, segundo nossas pesquisas o título do livro é “*Memoirs of the Life and Scientific Researches of John Dalton*” (249 páginas) publicado por William Charles Henry em 1854.

⁴ Os autores não mencionam o título do livro, acreditamos que seja “*Memoir of John Dalton and history of the atomic theory up to his time*” publicado pelo químico escocês Robert Angus Smith (1817-1884) em 1856.

Essa visão predominante no século XIX é apresentada segundo os autores, baseada na autoridade dos químicos contemporâneos, e não em uma declaração direta do próprio Dalton. Os autores argumentam que, por mais estranho que possa parecer, nenhuma tentativa de explicar a gênese de suas ideias pode ser encontrada em nenhum dos escritos publicados de Dalton.

Para os autores, é inegável que Dalton era um adepto da doutrina newtoniana da constituição atômica da matéria, e que foi assim levado a essa concepção realista da estrutura dos gases, que constitui um aspecto tão característico de suas especulações. É a partir desse ponto de vista que Dalton abordou a teoria atômica e chegou à ideia de que os átomos de diferentes substâncias têm pesos diferentes por considerações puramente físicas, o levando imediatamente a conceber a combinação química como ocorrendo entre números variados de átomos de peso definido, uma posição que ele conseguiu confirmar pelos resultados de análises feitas por outros químicos e até por ele mesmo.

A partir dessa perspectiva, os autores defendem que “as relações reais são, portanto, precisamente o inverso daquelas que são usualmente aceitas. Foi a teoria da existência de átomos de diferentes pesos que levou Dalton à descoberta dos fatos da combinação em múltiplas proporções” (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. ix, tradução nossa). Na primeira parte do livro, Roscoe e Harden (1896) apresentam as evidências que sustentam tal conclusão.

No capítulo 1, Sobre a gênese da teoria atômica de Dalton, os autores pontuam que as primeiras publicações sobre a teoria atômica de Dalton, aparecem em um artigo lido na Sociedade Literária e Filosófica de Manchester em 1803.

As primeiras indicações publicadas da teoria atômica de Dalton são, como se sabe, anexadas a um artigo "Sobre a absorção de gases pela água e outros líquidos" lido diante de uma seleta plateia de nove membros e amigos nas salas do Sociedade Literária e Filosófica de Manchester em 2 de outubro de 1803, e impresso nas *Manchester Memoirs* com a data de novembro de 1805 (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 1, tradução nossa, grifos do autor).

Para os autores, na conclusão do referido artigo está a gênese da teoria atômica de Dalton:

A maior dificuldade em atender a hipótese mecânica, surge dos diferentes gases observando diferentes leis. Por que a água não admite igualmente todo tipo de gás? Essa questão eu considerei devidamente e, embora ainda não possa me satisfazer completamente, estou quase convencido de que a circunstância depende do peso e do número das **partículas últimas dos vários gases**: Aqueles cujas partículas são mais leves e únicos sendo menos absorvíveis, e os outros mais conforme aumentam em peso e complexidade. Uma investigação sobre os pesos relativos das **partículas últimas dos corpos** é um assunto, tanto quanto sei, inteiramente novo: Eu tenho ultimamente levado a cabo este inquérito com notável sucesso. O princípio não pode

ser abordado neste artigo; mas vou apenas anexar os resultados, na medida em que parecem ser verificados por meus experimentos (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 1-2, tradução nossa, grifos nossos).

Podemos observar que, nesse trabalho Dalton não utiliza o termo átomo, mas partículas últimas, termo que foi empregado pelo filósofo natural inglês Isaac Newton (1643-1727). A influência de Newton nas gerações de pesquisadores do século XVII e XIX pode ser constatada de várias formas, o excerto abaixo, retirado de um dicionário de ciências publicado em 1873, ao descrever o verbete átomo, reforçava essa característica:

[...] A noção antiga era que os **elementos últimos** da matéria consistem em partículas diminutas, simples, indivisíveis e indestrutíveis, ideia essa que, sendo adotada e estendida por Newton, teve grande influência no progresso da ciência não apenas entre os químicos, mas também entre os físicos, na fundação de importantes teorias de fenômenos químicos, térmicos e elétricos, e também no que diz respeito à forma cristalográfica [...]. A autoridade de Newton sempre foi tão grande, que até suas especulações foram recebidas como verdades (RODWELL, 1873, p. 78, tradução nossa).

Apesar de Dalton não ser citado no verbete *átomo*, seu nome aparece em *teoria atômica*, segundo o mesmo dicionário:

Este termo é aplicado a três grandes leis que formam a base da ciência química, e são conhecidas como (1) a lei das proporções definidas; (2) a lei das múltiplas proporções; e (3) a lei das proporções atômicas ou equivalentes. Se não descobertos, eles foram primeiro trazidos à luz do intelectual, por Dalton (RODWELL, 1873, p. 81, tradução nossa).

A descrição do verbete *teoria atômica* acima reforça a visão apresentada por Roscoe e Harden (1896) acerca de que esta teoria é uma consequência das leis de Dalton. Vale ressaltar que, de

Roscoe e Harden (1896) relatam que o esboço da teoria atômica de Dalton foi incluído no curso de palestras que Dalton proferiu na Instituição Real em Londres em dezembro de 1803 e janeiro de 1804. Mas o público em geral primeiro se familiarizou por meio de um breve relato que apareceu no livro *Sytem of Chemistry* [Sistema de Química] de Thomas Thomson (nas páginas 424-451 do volume 3 da terceira edição) publicado em 1807. A teoria foi publicada por Dalton apenas no ano seguinte, em 1808:

O próprio Dalton posteriormente publicou um relato detalhado da teoria, acompanhado por outra e mais extensa tabela de pesos atômicos na primeira parte de seu *Novo Sistema de Filosofia Química* (Manchester, 1808), do qual forma o terceiro capítulo, intitulado "Sobre a síntese química". A segunda parte do primeiro volume desta obra, publicada em 1810, continha a aplicação da teoria à química dos elementos e aos compostos de dois elementos, bem como uma "Nova Tabela dos pesos relativos dos átomos" (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 3, tradução nossa).

Os autores pontuam que há muito interesse na questão de saber se Dalton foi levado a esse modo de interpretar os fatos pelos resultados de seus experimentos analíticos, ou se foi a teoria corpuscular da constituição da matéria que o induziu a tirar conclusões teóricas sobre a natureza da combinação química, que depois ele descobriu estarem de acordo com os fatos. Segundo essa dúvida os autores pontuam que:

A evidência a ser reunida sobre este ponto dos vários biógrafos do grande químico de Manchester e dos historiadores da ciência química é insatisfatória, e mais calculada para perturbar do que resolver nossa mente sobre a questão (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 4, tradução nossa).

Para os autores, a evidencia mais definitiva é a disponibilizada por Thomas Thomson, que passou alguns dias com Dalton no ano de 1804 e levou consigo a ideia da natureza da nova teoria publicada três anos depois em seu *System of Chemistry*, que diz:

O Sr. Dalton me informou que a teoria atômica lhe ocorreu pela primeira vez durante suas investigações sobre o gás olefiante [etileno] e o gás hidrogênio carburetado [metano], naquela época imperfeitamente compreendido, e cuja constituição foi totalmente desenvolvida pela primeira vez pelo próprio Sr. Dalton. Era óbvio, a partir dos experimentos que [...] os constituintes de ambos eram carbono e hidrogênio e nada mais; ele descobriu, além disso, que se considerarmos o carbono em cada uma das formas, então o hidrogênio carburetado contém exatamente duas vezes mais hidrogênio do que o gás olefiante. Isso o determinou a declarar as proporções desses constituintes em números, e a considerar o gás olefiante um composto de um átomo de carbono e um átomo de hidrogênio; e hidrogênio carburetado de um átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio. A ideia assim concebida foi aplicada ao óxido carbônico, água, amônia, etc., e números representando os pesos atômicos de oxigênio, nitrogênio, etc., deduzido dos melhores experimentos analíticos que a química então possuía (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 4-5, tradução nossa).

Para contrapor a bem aceita versão de Thomson sobre a ordem entre a teoria atômica e as leis de Dalton, Roscoe e Harden (1896) apresentam uma evidência inquestionável, uma palestra proferida por Dalton em 27 de janeiro de 1810. Essa palestra, transcrita na íntegra no livro, trata sobre os elementos químicos. Na abertura dessa palestra, Dalton justifica a necessidade de apresentação de um breve histórico sobre o tema:

Como as palestras que se seguem sobre o assunto dos elementos químicos e suas combinações talvez sejam consideradas por muitos como tendo uma boa dose de novidade, bem como importância, pode ser apropriado dar um breve esboço histórico da linha de pensamento e experiência o que me levou às conclusões a serem detalhadas (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 13, tradução nossa).

Dalton, na referida palestra, apresenta o problema que o levou a realização de suas pesquisas sobre composição de gases:

Acostumado há muito tempo a fazer observações meteorológicas e especular sobre a natureza e constituição da atmosfera, muitas vezes me surpreendia como uma atmosfera composta, ou uma mistura de dois ou mais fluidos elásticos, poderia constituir uma massa aparentemente homogênea, ou um em todas as relações mecânicas concordando com uma atmosfera simples (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 13, tradução nossa).

Para resolver seu problema de pesquisa, Dalton utilizou como base a mecânica dos fluidos de Newton, que considera “[...] que um fluido elástico é constituído de pequenas partículas ou átomos de matéria, que se repelem por uma força crescente à medida que sua distância diminui” (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 13, tradução nossa). Dalton contextualiza que, “[...] as descobertas modernas, tendo constatado que a atmosfera contém três ou mais fluidos elásticos, de diferentes gravidades específicas” não estavam de acordo com a proposição de Newton (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 13, tradução nossa). Desta forma, Dalton justifica que para conciliar ou melhor adaptar essa teoria química da atmosfera à doutrina newtoniana de átomos ou partículas repulsivas, ele começou a trabalhar, de forma lógica, para combinar os átomos.

Na sequência da palestra, Dalton apresenta de forma cronológica alguns dos estudos que ele realizou sobre a tentativa de conciliar, o que ele chamou de, teoria química da atmosfera à doutrina newtoniana. Segundo Dalton, em 1801 ele chegou a uma hipótese que evitou completamente essas dificuldades:

De acordo com isso, deveríamos supor que os átomos de um tipo não repeliam os átomos de outro tipo, mas apenas os de sua própria espécie. Essa hipótese previa de maneira mais eficaz a difusão de qualquer gás através de outro, quaisquer que fossem suas gravidades específicas, e reconciliava perfeitamente qualquer mistura de gases com o teorema newtoniano. Cada átomo de ambos ou de todos os gases na mistura era o centro de repulsão para as partículas próximas de sua própria espécie, desconsiderando as de outra espécie. Todos os gases uniram seus esforços para neutralizar a pressão da atmosfera, ou qualquer outra pressão que pudesse se opor a eles (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 15-16, tradução nossa).

Na hipótese acima Dalton não considerou o tamanho das partículas, mas apenas as formas de interação entre as partículas constituintes dos gases. Alguns anos depois, em 1805, Dalton relata que:

[...] descobri[u] que os tamanhos das partículas dos fluidos elásticos deviam ser diferentes. Pois uma medida de gás azótico e outra de oxigênio, se quimicamente unidas, dariam quase duas medidas de gás nitroso, e essas duas não poderiam ter mais átomos de gás nitroso do que uma medida de azoto ou oxigênio (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 16-17, tradução nossa).

Dalton relata em sua palestra que, uma vez estabelecido os diferentes tamanhos e pesos relativos das partículas abriu caminho para os estudos de combinações (reações) químicas:

[...] uma vez estabelecidos os diferentes tamanhos das partículas de fluidos elásticos em circunstâncias semelhantes de temperatura e pressão, tornou-se um objetivo determinar os tamanhos e pesos relativos, juntamente com o número relativo de átomos em um determinado volume. Isso abriu caminho para as combinações de gases e para o número de átomos que entram em tais combinações [...]. Outros corpos para além dos fluidos elásticos, nomeadamente líquidos e sólidos, foram objeto de investigação, devido à sua combinação com fluidos elásticos. Assim, uma série de investigações foi estabelecida para determinar o número e o peso de todos os princípios químicos elementares que entram em qualquer tipo de combinação entre si (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 17, tradução nossa).

Como podemos observar no excerto acima, as considerações acerca do átomo, aplicadas inicialmente para conciliar os estudos sobre composição de gases, contribuiu também para os estudos sobre combinações (reações) químicas. Dalton apresenta, na forma de tópicos, oito considerações acerca desses estudos:

1. Divisibilidade da matéria considerada. Átomos ver as ideias de Newton.
2. Os fluidos elásticos apresentam matéria em divisão extrema. Newton, B.2; Prop. 23. [...]
3. Outros corpos constituídos por átomos, bem como fluidos elásticos - carvão, enxofre, fósforo. Metais combinando com átomos de fluidos elásticos mostram que eles têm átomos.
4. Todos os *átomos do mesmo tipo* são iguais em peso.
5. Átomos de diferentes tipos são desiguais em peso, etc. Veja Newton, 2.
6. Corpos considerados simples até a decomposição.
7. Síntese química. Exibe duas partículas. Veja também Newton, 3. [...] (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 17-18, tradução nossa).

A partir dos tópicos indicados acima, podemos observar que as considerações de Dalton acerca do átomo são fortemente influenciadas pelos trabalhos de Newton sobre as partículas elementares. Considerando a ordem dos tópicos como a ordem no qual as ideias foram exploradas, podemos observar que a “síntese química”, uma forma de combinação química, foi a penúltima a ser investigada por Dalton.

Desta forma, Roscoe e Harden (1896) concluem o capítulo 1 do livro afirmando que:

O balanço das evidências é, portanto, fortemente a favor da afirmação feita em Londres pelo próprio Dalton em 1810, de que ele foi levado à teoria atômica da química em primeira instância por considerações puramente físicas, em oposição à visão, até então defendida por químicos, que a descoberta por Dalton do fato da combinação em múltiplas proporções o levou a conceber a teoria atômica como explicação (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 50, tradução nossa).

Os autores consideram ser necessário modificar a visão quanto ao fundamento da teoria atômica aceita no século XIX, uma vez que “parece não haver dúvida de que a ideia de estrutura atômica surgiu na mente de Dalton como uma concepção puramente física, imposta a ele por seu estudo das propriedades físicas da atmosfera e de outros gases” (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 50, tradução nossa).

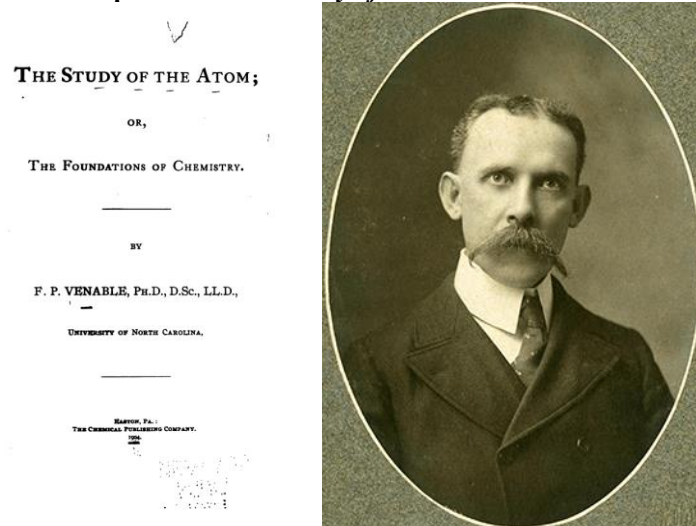
Como narrativa para essa nova visão da gênese da teoria atômica de Dalton, os autores apresentam que:

[...] com o problema de determinar os diâmetros relativos das partículas, dos quais, ele [Dalton] estava firmemente convencido, todos os gases eram constituídos, ele recorreu aos resultados da análise química. Auxiliado pela suposição de que a combinação sempre ocorre da maneira mais simples possível, ele chegou assim à ideia de que a combinação química ocorre entre partículas de pesos diferentes, e foi isso que diferenciou sua teoria das especulações históricas dos gregos. A extensão dessa ideia às substâncias em geral o levou necessariamente à lei da combinação em múltiplas proporções, e a comparação com a experiência confirmou brilhantemente a verdade de sua dedução. Uma vez descoberto, descobriu-se que o princípio da união atômica era de aplicação universal (ROSCOE; HARDEN, 1896, p. 50-51, tradução nossa).

6.2.3 *The study of the atom; of the foundations of Chemistry* (1904)

No livro *The study of the atom; of the foundations of Chemistry*, [O estudo do átomo, dos fundamentos da Química] de Venable (1904) apresenta contribuições para o estudo do átomos, desde os filósofos gregos antigos, passando por vários agentes históricos antes e após a teoria atômica de Dalton (**Figura 3**).

Figura 3 - Capa do livro *The study of the atom e retrato de Venable*



Fonte: *Print screen do livro*; <https://www.ncpedia.org/biography/venable-francis-preston>

No capítulo 1, *Visões antigas sobre a natureza da matéria*, Venable (1904) relata que:

[...] pode-se afirmar que existem duas teorias possíveis sobre a matéria. Uma é que a matéria é infinitamente divisível e que nenhum limite pode ser colocado à possibilidade de sua subdivisão. A outra é que a matéria não é infinitamente divisível, mas que eventualmente serão alcançadas partículas que não são mais divisíveis por nenhum meio conhecido. Tais partículas foram chamadas de átomos pelos filósofos gregos e essa teoria ficou conhecida como teoria atômica (VENABLE, 1904, p. 6, tradução nossa).

Apresentando na forma de breves seções, Venable descreve as teorias chinesas, hindu e grega. Construções filosóficas acerca da natureza da matéria de vários filósofos gregos são apresentadas, tais como de Tales de Mileto, Anaximandro, Anaximenes, Pitágoras, Anaxagoras, Heraclitos, Empedocles, Leucipo, Demócrito, Platão, Heracleides, Aristóteles, Epicuro e Lucrecio.

No capítulo 2, Dos Filósofos gregos a Dalton, Venable (1904) narra o fim da elaboração teórica/filosófica sobre a constituição da matéria ou a natureza do universo:

[...] Por muitas gerações não houve novas teorias e especulações sobre a constituição da matéria ou a natureza do universo, mas apenas imitações e repetições da lógica e do pensamento dos grandes mestres. Entre esses professores que foram imitados, destacava-se Aristóteles, e gradualmente ele dominou a filosofia de tal maneira que se tornou a autoridade inquestionável a quem todo apelo deveria ser feito. Tais condições tendiam à decadência e não ao progresso. Um exame mais atento mostrará que esse estado de coisas era bastante esperado. Tudo o que podia ser aprendido pela lógica dedutiva havia sido recolhido na medida em que tinha valor. [...] A maior altura atingível apenas por esse meio havia sido alcançada. Isso os gregos haviam realizado em pouco mais de dois séculos. O refinamento e polimento desse material não trouxe nada de novo, nem poderia aumentar a estabilidade da fundação. A teorização tinha ido muito além da evidência, e algo mais era necessário para resolver as grandes questões que haviam sido levantadas (p. 39, tradução nossa).

O desenvolvimento das ciências experimentais, como narra o autor, tomou o lugar da teorização dos filósofos gregos. Venable (1904, p. 42, tradução nossa) descreve um longo período da história, que ele caracterizou como “eclipse do conhecimento”, no qual “[...] a superstição e a ignorância substituíram a melhor compreensão dos antigos em muitos casos de interpretação dos fenômenos naturais”. O autor apresenta, ainda neste capítulo, tópicos sobre alquimia, oposição da igreja católica em assuntos relacionados à origem e natureza do universo e o posicionamento anti-atomismo de Aristóteles:

Ele [Aristóteles] foi o arqui-antagonista dos atomistas e com a predominância de sua filosofia sobre as escolas, respaldada pela oposição da Igreja aos átomos e tudo o mais que cheirasse a materialismo, a hipótese atômica praticamente desapareceu de vista por vários séculos, apesar do crescimento dos conhecimentos matemáticos e físicos que deveriam tê-lo sustentado (VENABLE, 1904, p. 49, tradução nossa).

A teoria atômica é retomada com Van Helmont (1577-1644) por meio de uma teoria corpuscular, que manteve “[...] a existência de dois elementos primordiais, imutáveis e não transmutáveis, a água e o ar” (p. 52). Segundo Venable (1904), apesar de Van Helmont fazer menção frequente ao movimento dos átomos, utiliza este termo em referência à partículas muito pequenas sem qualquer referência à sua indivisibilidade.

Outros agentes históricos que contribuiriam para reflexões sobre a matéria são apresentados por Venable (1904). Levando em consideração a potencial influência sobre Dalton

e outros pesquisadores do século XIX (período alvo do presente trabalho), apresentamos um breve síntese das contribuições desses agentes para o tema em estudo (**Quadro 4**).

Quadro 4 - Autores e contribuições filosóficas relacionadas à matéria

Autor	Contribuição filosófica
Giordano Bruno (1548-1600)	Defendeu “a busca da unidade era uma condição necessária de todo conhecimento”. Para ele devia “haver em todas as coisas uma unidade última, menor, indivisível, um mínimo, do qual todas as coisas consistiam”, que ele denominou de "mônada" e decidiu que a única forma possível era a esférica (p. 53).
Lubin (1565-1631)	Defendeu sobre a “[...] impossibilidade de conceber o infinito. Como a divisão contínua não podia ter fim e era, portanto, infinita e inconcebível, todas as substâncias na natureza devem consistir em átomos indivisíveis” (p. 54).
Francis Bacon (1561-1626)	Defendeu o “[...] retorno à hipótese atômica como uma necessidade para a explicação dos fenômenos naturais e como base para a ciência física” (p. 54).
Daniel Sennert (1572-1637)	“Como prova de que os corpos consistem em agregações de átomos, ele aduziu a formação de fumaça pela queima de corpos e o processo de sublimação” (p. 55). Para ele, “as mudanças nas substâncias naturais são uma troca de forma externa, enquanto as partículas permanecem as mesmas e inalteradas” (p. 56).
Descartes	Defendeu “[...] que não havia vácuo, que a matéria era infinitamente divisível e que havia apenas um universo, infinitamente estendido, mas composto de um e do mesmo tipo de matéria”. Em seus trabalhos, “a ideia de átomos foi substituída pela de pequenas partículas ou corpúsculos, pois estes eram necessários para explicar fisicamente muitos fenômenos” (p. 60).
Robert Boyle (1627-1691)	Defendeu a existência de “[...] uma matéria única e universal, comum a todos os corpos, extensa, divisível e impenetrável. As diferenças nos corpos surgiram das diferenças de movimento. As partículas possuíam magnitude, forma e movimento. A ordem ou posição dessas partículas era fixa e tinha a ver com a natureza do corpo. Havia duas classes de partículas; os corpúsculos originais, finos demais para serem percebidos, e grupos estáveis dessas partículas, difíceis de dissociar, formando assim partículas secundárias. As partículas dos elementos, terra, água, etc., eram elas próprias feitas dessas partículas finas. Estes poderiam ainda unir e dar os vários compostos. Todos os corpos, mesmo os aparentemente sólidos, possuem poros e estes são penetrados e preenchidos pelos eflúvios de outros corpos” (p. 64).
Hooke	Considerando a continuidade da matéria, introduziu a teoria da vibração, na qual “[...] o preenchimento do espaço era visto como dependente não apenas da posição e tamanho das partículas, mas essencialmente do caráter de seus movimentos oscilantes e que todas as propriedades dos corpos dependiam da coincidência ou interferência de suas vibrações” (p. 66). A esse comportamento Hooke denominou de congruência e incongruência dos corpos.
Huygens (1629-1695)	Introduziu a teoria ondulatória da luz.
Leibniz (1646-1716)	Defendeu a continuidade da matéria, a existência do éter e o movimento dos corpúsculos. Para ele “a matéria era fluida, mas ele superou a dificuldade experimentada por Descartes em introduzir corpos sólidos nela chamando de rígidos aqueles corpos cujas partículas estavam em movimento harmonioso” (p. 69).
Newton (1643-1727)	“Sua visão de natureza era a de um atomista dinâmico e não cinético. Na medida em que ele assumiu a existência de partículas rígidas de matéria separadas, seu sistema se baseava na teoria corpuscular, mas ele não concordava com a visão de que sua interação se devia apenas ao movimento resultante de seu encontro. No lugar das leis, que de acordo com Huygens regulavam essa transmissão de movimento por colisão, ele substituiu a força trabalhando à distância. Ele concebeu a partícula final como uma "partícula sólida, massiva, dura, impenetrável e móvel” (p. 71).
Boscovich (1711-1787)	“Em sua opinião, a matéria era composta de átomos, sendo cada átomo um ponto indivisível, tendo posição no espaço, capaz de se mover em trajetória contínua e possuindo certa massa. Era dotado de força potencial. Dois átomos podem atrair ou repelir um ao outro. Dois átomos nunca poderiam coincidir, ou ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo. Não havia contato real entre eles, todas as ações ocorrendo à distância. O próprio

	átomo não possuía partes ou dimensões. Em seu aspecto geométrico era um mero ponto geométrico, sem extensão no espaço. Se apenas isso fosse considerado, seria possível que dois átomos existissem no mesmo espaço, mas as forças que atuam entre eles impedem isso” (p. 74).
--	---

Fonte: Adaptado de Venable (1904)

No capítulo 3, A teoria atômica da Química, Venable (1904) introduz a discussão relatando que:

“[...] a concepção de átomos foi, até o final do século XVIII, quase exclusivamente de posse do metafísico e do físico matemático [...]. Com exceção de Sennert e Boyle, os químicos pouco contribuíram para sua formulação e menos para seu estabelecimento, nem dela se inspiraram para a própria fundação de sua própria ciência (VENABLE, 1904, p. 79, tradução nossa).

Para o autor, os químicos do século XVIII estavam focados em resolver os problemas relacionados à teoria da combustão e a hipótese do flogisto que segundo seu criador Stahl seria que os corpos combustíveis possuíam uma matéria chamada flogisto, liberada ao ar durante os processos de combustão (material orgânico) ou de calcinação (metais)., estando “[...] ocupados demais para pensar em outra coisa que não o naufrágio das velhas crenças e a adaptação das novas” (VENABLE, 1904, p. 79, tradução nossa).

[...] Lavoisier, que havia feito essa revolução, estava ocupado com o trabalho maior de reconstrução e, lidando pouco com hipóteses que não podiam ser comprovadas diretamente por experimentos em seu laboratório [...]. E assim as obras de Bergman, Scheele, Priestley, Black, Cavendish, Macquer e outros não tratam de átomos e suas forças de movimento, exceto em uma referência ocasional indefinida a algum tipo de partícula. No entanto, o químico era o mais necessário para tomar isso, que até então não passava de uma hipótese atômica, e estabelecê-la com toda a dignidade e força de uma teoria atômica. Até então, os fatos alegados para substanciar isso eram apenas qualitativos. Dar-lhe uma base quantitativa estava reservado para o século XIX e um químico, e **esta foi a realização de Dalton** (VENABLE, 1904, p. 79-80, tradução nossa).

No excerto acima, além de justificar o porquê dos químicos não estarem considerando o átomo como um objeto de estudo, Venable (1904) enaltece Dalton por este feito. De fato, na primeira seção do capítulo, intitulada de *Justiça da reivindicação de Dalton*, Venable apresenta argumentos filosóficos para a prioridade de Dalton em relação à teoria atômica, citando como exemplos a *lei periódica* de Mendeleeff e a *lei da seleção natural* de Darwin:

A mesma ideia, afirma-se, pode ser descoberta nas obras de Richter e talvez de outros. Mas isso, se for verdade, estaria apenas de acordo com a lei de que o conhecimento não vem de repente, mas é um crescimento. Vislumbres da luz são captados antes que toda a luz do dia seja revelada. O crédito pertence àquele que expressa a verdade não formulada e apenas parcialmente compreendida que está na mente dos homens e a declara claramente de modo a chamar a atenção de todos os homens para ela. Aqui e ali homens pensaram em parte a Lei Periódica, mas Mendeleeff sempre será

conhecido como seu autor. A Darwin sempre será dado o crédito pela descoberta da Lei da Seleção Natural e, no entanto, Wells e Mayhew anteciparam parcialmente sua Origem das Espécies em muitos anos, e ele dá uma lista de trinta e cinco outros no início do século XIX que prenunciava vagamente algumas de suas conclusões. E assim raramente acontece que um homem descubra e imprima em sua época o que é inteiramente novo e impensado. Se for muito novo e muito à frente de seu pensamento, seu público presta "pouca atenção a ele e deve esperar até que o mundo se torne mais sábio e mais amplo e possa assimilar o pensamento (VENABLE, 1904, p. 80, tradução nossa).

Segundo Venable (1904) “alguns sustentaram que Higgins, que publicou em 1790 um trabalho tratando do conflito entre as doutrinas flogística e antiflogística, antecipou Dalton na descoberta de proporções múltiplas e na combinação por átomos”. Apesar de não mencionar quais autores defendem que Higgins antecipou (partes das) as conclusões de Dalton, Venable (1904) pontua que:

[...] um exame de grande parte de seu trabalho relacionado a essa questão mostrará que há muitos erros nas conclusões de Higgins para justificar as reivindicações feitas a ele. Existem algumas alusões e frases dispersas que podem ser interpretadas como vislumbres da teoria. Afirma-se que em certos compostos as menores partículas dos elementos estão contidas em relações numéricas simples e, onde existem vários compostos dos mesmos dois elementos, aceitam-se proporções de composição que correspondem à lei das proporções múltiplas (p. 89, tradução nossa).

Venable (1904) argumenta que a forma confusa de expressar possa ter impedido que os químicos da época identificassem na obra de Higgins o princípio da teoria atômica:

Seja o que for que Higgins possa ter pensado sobre seu princípio, ele em nenhum lugar o declara como um princípio geral [...]. É por isso que nenhum químico nos quinze anos que transcorreram entre a publicação de Higgins e a de Dalton parece ter encontrado no livro o esboço até mesmo da teoria atômica. Após o anúncio da teoria de Dalton, Higgins afirmou ter desenvolvido anteriormente os mesmos pontos de vista. Embora ele merecesse algum crédito por ter vislumbrado a ideia atômica, certamente ele não pode reivindicar ter ajudado no desenvolvimento da teoria atômica. Infelizmente, o modo de expressão de Higgins era tão confuso e indistinto que nem sempre fica claro o que ele queria dizer nem o quanto sabia (VENABLE, 1904, p. 90, tradução nossa).

Venable (1904, p. 90, tradução nossa) complementa a avaliação da obra de Higgins considerando que a mesma:

[...] pode ser interpretada como uma antecipação das descobertas de Gay-Lussac e da teoria de Avogadro, e de fato tem sido assim interpretada, não fosse pelo fato de que outras partes da obra contradizem tais ideias e mostram que algo mais deve têm sido o seu significado. Seus pontos de vista sobre os átomos e a constituição dos corpos eram confusos ou não totalmente amadurecidos, e ele falhou em reconhecer sua importância e em tentar chamar a atenção dos químicos [...].

Ao apresentar a teoria atômica de Dalton, Venable (1904, p. 105, tradução nossa) pontua que “os detalhes da teoria atômica de Dalton eram poucos e simples. Ele não se preocupou com as questões controversas relativas a esses átomos com os quais os séculos lutaram”.

1. Todos os corpos de magnitude sensível são constituídos por um grande número de partículas extremamente pequenas ou átomos de matéria ligados entre si por uma força de atração que, ao tentar impedir sua separação, é chamada de atração de coesão; mas como os coleta de um estado disperso é chamado de atração de agregação ou mais simplesmente afinidade.
2. As últimas partículas de todos os corpos homogêneos são perfeitamente iguais em peso, figura, etc. Em outras palavras, cada partícula de água é como qualquer outra partícula de água; cada partícula de hidrogênio é como qualquer outra partícula de hidrogênio; etc.
3. Nenhuma nova criação ou destruição de matéria está ao alcance da agência química. Todos os elementos que podemos produzir consistem em separar partículas que se encontram em estado de coesão ou combinação e juntar aquelas que antes se encontravam à distância.
4. As últimas partículas de todos os corpos simples são átomos incapazes de mais divisões. Esses átomos (pelo menos vistos junto com suas atmosferas de calor) são todos esferas e possuem pesos particulares que podem ser denotados por números.
5. Se há dois corpos que estão dispostos a se combinar, então sua combinação ocorre por meio de átomos.
6. Em um gás elástico, cada partícula ocupa o centro de uma esfera comparativamente grande e mantém sua dignidade mantendo todo o resto, que por sua gravidade ou não está disposto a invadi-la, a uma distância respeitosa.

Venable (1904, p. 106, tradução nossa) pontua “[...] que questões como a existência do vácuo, preenchimento do espaço, movimento inerente das partículas, etc., são deixadas sem menção. E foi bom para a teoria atômica recomeçar a vida revestida com o mínimo possível dessas noções discutíveis”.

Ao falar sobre a recepção da teoria atômica de Dalton, Venable (1904, p. 107, tradução nossa) relata que “alguns dos químicos mais eminentes [...] foram muito hostis à teoria. Sir Humphry Davy se opôs particularmente [...]. Mas Wollaston, Thomson e Gilbert foram conquistados e o último convenceu Davy de modo que ele também se tornou um incansável defensor da teoria”.

Quanto a aplicação da teoria atômica, Venable (1904) relata que Dalton reconheceu que a primeira tarefa deveria ser a determinação dos pesos relativos dos átomos. Para tal empreitada era necessário análises corretas de compostos bem caracterizados que fornecessem proporções diretas. Dalton fez uso não apenas de suas próprias análises, mas também de trabalhos de outros pesquisadores. Um dos desafios de Dalton foi o de determinar o número de átomos nos vários compostos. Para esse propósito, Dalton estabeleceu uma série de regras arbitrárias, partindo do pressuposto de que a natureza sempre funcionou da maneira mais simples e direta, um pressuposto que está longe de ser justificável no sentido aceito por Dalton. As regras de Dalton pontuavam que:

1. Quando apenas uma combinação de dois corpos pode ser obtida, deve-se presumir que seja binária, a menos que alguma causa pareça o contrário.
 2. Quando duas combinações são observadas, elas devem ser presumidas como binárias e ternárias.
 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.
- Um composto binário significava um de 2 átomos, ternário de 3 átomos, quaternário de 4 átomos, etc. (VENABLE, 1904, p. 109, tradução nossa).

Venable (1904) relata que Dalton, além das regras indicadas acima, adotou como princípio a teoria de que os pesos atômicos eram todos múltiplos de hidrogênio e, portanto, números inteiros. Conseqüentemente, em suas tabelas, todas as frações foram arredondadas para os inteiros mais próximos. Apesar desse esforço, os pesos atômicos de Dalton continham erros e encontraram pouca aceitação.

O livro de Venable, devido sua extensão e riqueza de detalhes, apresentam vários estudos acerca do átomo no século XIX, inclusive relacionados à divisibilidade da matéria. Em relação a esse tópico, o autor apresenta a hipótese de Rankine desenvolvida por métodos matemáticos e publicada em 1855:

É uma hipótese de vórtices moleculares que assumiu 'que cada átomo de matéria consiste em um núcleo ou ponto central envolto por uma atmosfera elástica, que é mantida em sua posição por forças atrativas, e que a elasticidade devido ao calor surge da força centrífuga daquelas atmosferas girando ou oscilando em torno de seus núcleos ou pontos centrais'. Se essas atmosferas elásticas são contínuas ou consistem em partículas discretas, Rankine não tenta decidir (VENABLE, 1904, p. 265-266, tradução nossa).

Alguns anos depois, em 1867, outro pesquisador que trabalhou com a teoria do vórtice para o átomo foi Thomson, pautado na investigação matemática de Helmholtz que considerou o movimento do vórtice de um fluido em movimento sem atrito. Com o intuito de ilustrar a teoria, Venable considerou que os vórtices podem ser ilustrados como anéis de fumaça. Helmholtz, assumindo que o fluido é incompressível, homogêneo e sem atrito, provou por métodos matemáticos:

- (1) Que se tal vórtice for formado uma vez, continuará a existir para sempre. Não pode ser destruído em tal meio, nem produzido. Exigiu um ato de criação no momento da formação do líquido.
- (2) Um vórtice sempre consiste na mesma porção do fluido. Não é mero movimento no fluido, mas a transferência real ou viagem da mesma porção do fluido.
- (3) Dois vórtices não podem ocupar o mesmo espaço nem se cruzar. Um vórtice deve se comportar como um corpo perfeitamente elástico (VENABLE, 1904, p. 266, tradução nossa).

Apesar de outras deduções terem sido feitas por Helmholtz, as acima indicadas são as mais diretamente aplicadas por Thomson em sua teoria. Venable (1904, p. 267, tradução nossa) explica que a “teoria de Thomson tem, até certo ponto, conexão com a teoria cartesiana na medida em que todo o espaço é supostamente preenchido com matéria contínua, homogênea e sem atrito, que tem a natureza de um fluido e é como o éter dos físicos antigos e modernos”. Em relação às propriedades dos átomos de vórtice, Venable (1904, p. 268, tradução nossa) pontua que:

[...] devem ser perfeitamente elásticos, mesmo que o próprio éter seja desprovido de elasticidade. No caso de impactos, esses átomos se comportariam de maneira semelhante a corpos elásticos, e é fácil ver como movimentos leves e oscilantes dos átomos seriam transmitidos ao éter e do éter aos átomos. Assim, uma influência pode ser exercida por átomo sobre átomo à distância. [...] mostraram matematicamente como anéis e outros corpos que estão em um fluido em movimento exercem uma influência aparentemente comparável a uma eletrodinâmica uns sobre os outros. O vórtice não precisa ter a forma de anéis. Os anéis podem ser atados (sem interseção), ou outras formas podem ser supostas. Foram consideradas massas pulsantes que, tendo uma forma esférica ou similar, mostram um movimento interno no qual em qualquer ponto existem vibrações regulares na direção radial.

Em relação as consequências da teoria do vórtice, Venable (1904, p. 268-269, tradução nossa) relata que:

É por meio de uma análise matemática rígida que a teoria do vórtice e suas consequências devem ser elaboradas. [...] Está intimamente ligada à teoria da eletricidade e da luz. Significa não apenas uma teoria cinética de gases, mas de sólidos e líquidos, de calor, luz e eletricidade. A harmonia do universo é o movimento, e assim ao final de mais de vinte séculos voltamos a uma teoria de um universo preenchido por uma matéria contínua e, ao mesmo tempo, uma teoria atômica. Mas a teoria não é mais um sonho sem fundamento. Parece ser o culminar de séculos de trabalho, não fantasia, e para incorporar a explicação de todos os fatos químicos, físicos e matemáticos conhecidos. Ainda há muito a ser feito e muitos caminhos não trilhados. A teoria ainda deve passar por muitos testes exigentes, mas até agora pelo menos nada foi pensado que satisfaça as condições conhecidas por nós.

Como apresentando anteriormente, considerando que teoria é “um princípio ou corpo de princípios inter-relacionados que pretende explicar ou prever uma série de fenômenos inter-relacionados”, à medida que a teoria do vórtice foi ganhando robustez sua aplicação para outros corpos de conhecimentos da ciência foi sendo avaliada. Para a teoria da valência, por exemplo, a teoria do vórtice:

[...] oferece uma explicação satisfatória da diferença entre os átomos. No caso de um átomo univalente, temos um vórtice cujo movimento permite que ele entre em movimento harmônico com outro vórtice, dando uma molécula estável; para um átomo bivalente, o movimento é tal que pode haver uníssono com dois dos vórtices anteriores ou com um que tenha um movimento semelhante. Este movimento pode depender da forma peculiar do vórtice. Assim, átomos elementares do Grupo I podem ter uma forma e movimento distintos, do Grupo II outro, e assim por diante até o

Grupo IV, ou possivelmente até o Grupo VII (VENABLE, 1904, p. 269, tradução nossa).

As relações entre a teoria do vórtice e propriedades dos átomos e afinidade química também foram avaliadas, segundo Venable (1904, p. 269-270, tradução nossa):

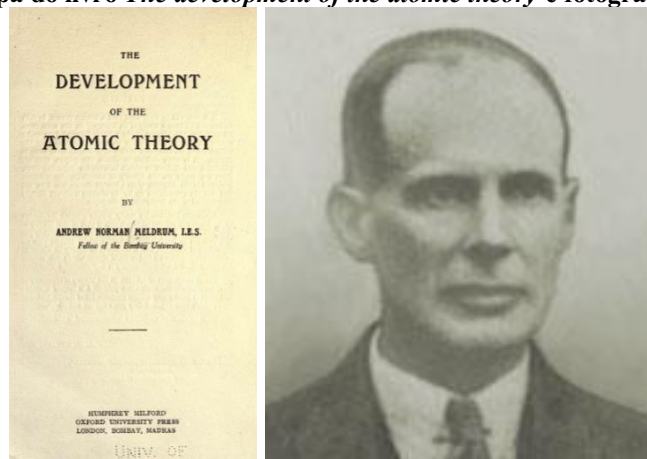
[...] o movimento do átomo vórtice torna-o um centro de força. Lá não há força sem movimento. O éter imóvel não tem força. O peso, que é apenas uma forma de atração, agindo à distância e dependente da massa, é um dos resultados dessa força. O éter não tem peso. As propriedades dos átomos apresentam certa periodicidade segundo a massa e o peso, ou seja, são determinadas pelo movimento do vórtice; a afinidade química é outro tipo de atração que também deve depender do movimento e, de alguma forma, pode estar relacionada ao movimento da eletricidade. O que se entende por união de átomos além da junção de dois ou mais vórtices em movimento harmônico é desconhecido para nós, mas o novo movimento do sistema harmônico significa, é claro, novas propriedades dependendo desse movimento. A dissociação dessa molécula restaura a antiga condição de movimento e as propriedades dela dependentes. As leis de distribuição de ácidos e bases em decomposições duplas e de ação de massa em geral devem fornecer dados valiosos para reduzir a uma base matemática rígida essas questões de movimento e forma.

Com base no exposto fica evidente que, Venable (1904) dá o crédito da teoria atômica à Dalton, apesar de reconhecer que existiu um movimento de disputa de prioridade com Higgins. Que a teoria de Dalton tem base na mecânica dos fluidos de Newton e foi posteriormente aplicada à combinações químicas resultando nas conhecidas leis de Dalton. Que a teoria do átomo vórtice foi desenvolvida, por diferentes agentes históricos, desde 1855 e relacionada à vários outros corpos de conhecimento da Química, indicando um amplo movimento de tornar essa teoria mais robusta e aplicável aos conhecimentos químicos.

6.2.4 *The development of the atomic theory* (1920)

The development of the atomic theory 1920 foi um livro de autoria de Andrew Norman Meldrum (1876-1934), que foi um cientista escocês conhecido por seu trabalho em Química Orgânica e por seus estudos em História da Química (**Figura 4**).

Figura 4 - Capa do livro *The development of the atomic theory* e fotografia de Meldrum



Fonte: *Print screem* do livro e Dronsfield (2008)

Meldrum (1920), no prefácio da obra, apresenta algumas reflexões importantes a serem consideradas na área da História da Ciência. A primeira reflexão está relacionada com a importância para se conhecer completamente uma ciência e das dificuldades na realização de estudos em História da Ciência:

“Agora é amplamente reconhecido que uma ciência não pode ser totalmente compreendida sem um estudo de sua história. Ao mesmo tempo, a pesquisa em história das ciências é realizada com sérias desvantagens. [...] Muitas vezes é difícil obter os artigos que são publicados, e difícil obter informações sobre eles” (MELDRUN, 1920, prefácio, tradução nossa).

A segunda reflexão está relacionada com a instrução da História da Ciência no âmbito das universidades e dos profissionais que têm escrito sobre história da Ciência:

[...] as Universidades raramente fornecem instrução genuína na história da ciência, embora isso faça parte da história da civilização. Um trabalhador da história de uma ciência raramente é colocado em posição de ensinar o que sabe, enquanto qualquer um com um conhecimento experimental de uma ciência tem a liberdade de discorrer sobre sua história [...] (MELDRUN, 1920, prefácio, tradução nossa).

A terceira reflexão está relacionada à circulação dos trabalhos em História da Ciência, em especial para os de História da Química, “[...] o trabalho original, quando publicado, é amplamente ignorado; que quase não há exame crítico dos resultados; e que os erros que foram expostos há cinquenta anos ainda são excessivos” (MELDRUN, 1920, tradução nossa).

No livro, Meldrum aborda a importância de se fazer novos estudos historiográficos sobre a ciência e o caminho histórico até a teoria atômica de Dalton, além de, mostrar como foi a recepção da teoria perante a sociedade, assim como a questão de prioridade da teoria entre Dalton e Higgins.

Utilizando como base a segunda edição do livro *A History of Hindu Chemistry* publicado por Praphulla Chandra Ray em 1903, Meldrum (1920) apresenta a versão da história da teoria atômica iniciada pelos hindus e mais tardes pelos gregos. Segundo o autor:

Essa visão não é universalmente adotada pelos estudiosos gregos da Europa, e a questão de onde a teoria atômica vem é apenas uma parte de um imenso problema, a saber, a origem das civilizações hindus e gregas. Ao considerar esse problema, é claro que um químico experimental está perdido: Ele deve se contentar simplesmente em aprender as opiniões dos estudiosos sânscritos e gregos, quaisquer que sejam essas opiniões, e no entanto, elas podem se alterar de tempos em tempos (MELDRUM, 1920, p. 1, tradução nossa).

Para Meldrum (1920, p. 2, tradução nossa) apesar das evidências “[...] de que os hindus transmitiram a teoria atômica aos gregos”, naquele período haviam especialistas em Grécia antiga que afirmavam que “ninguém sugerirá agora que a filosofia grega veio da Índia e, de fato, tudo aponta para a conclusão de que a filosofia indiana veio da Grécia”.

Meldrum (1920, p. 2, tradução nossa), considerando que a história de uma ciência deve dar conta do desenvolvimento das ideias que compõe seu arcabouço teórico/conceitual, defende que “[...] a história da química deve considerar a evolução da teoria atômica acima de tudo e se esforçar para mostrar como as ideias de Leucipo tomaram forma durante os séculos e se tornaram a base molecular e teoria atômica dos dias atuais”.

Tomando como base algumas declarações de John Burnett presentes em *Early Greek Philosophy* (segunda edição, 1908), tais como: “As teorias atômicas dos antigos filósofos apresentam pouca analogia real com aquela enunciada por John Dalton há mais de um século”; “Não é possível atribuir grande peso às opiniões de Newton e Boyle, por mais engenhosos que sejam seus argumentos, apoiados por intelectos tão aguçados”; “As ideias de John Dalton eram inteiramente dele”, Meldrum (1920) apresenta um cenário consensual que afirmam que John Dalton foi o criador da teoria atômica moderna.

Criticando o posicionamento de Burnett, Meldrum (1920, p. 2, tradução nossa) defende que “a negação de que a teoria atômica tenha evoluído, assim como a negação da evolução em outras direções, tem a desvantagem de fazer pouco apelo à inteligência moderna”. Para ele, “a evolução da teoria atômica nos últimos cento e cinquenta anos dependeu de duas coisas: a existência de uma teoria atômica anterior e o desenvolvimento do conhecimento a respeito dos gases”.

Meldrum (1920) chama a atenção para o fato de que vários agentes históricos do século XVII se preocuparam com o conceito de átomo, tais como Boyle, Newton, Bacon, Descartes,

Gassend, Boyle, Hooke, Newton, Locke, todos, segundo ele, “treinados nos clássicos gregos e latinos”.

Ainda no século XVII, como narrado por Meldrum (1920), a controvérsia que surgiu entre Franciscus Linus e Robert Boyle quanto à natureza da pressão atmosférica deu frutos na descoberta da lei de Boyle - que a densidade de um gás é proporcional à pressão. Essa lei novamente levou Newton à primeira conclusão quantitativa já formada sobre os átomos, provando no princípio que:

Se a densidade de um fluido que é composto de partículas mutuamente repulsivas é proporcional à pressão, as forças entre as partículas são reciprocamente proporcionais às distâncias entre seus centros. E vice-versa, partículas mutuamente repulsivas, as forças entre as quais são reciprocamente proporcionais às distâncias entre seus centros, formarão um fluido elástico, cuja densidade é proporcional à pressão (Principia, Livro II, 1687, proposição 23) (MELDRUM, 1920, p. 2, tradução nossa).

Segundo Meldrum (1920), a hipótese de Newton sobre um fluido elástico, composto de partículas que se repelem de uma certa maneira, foi retomada por Bryan Higgins e William Nother e John Dalton, sendo o ponto inicial para a teoria atômica do século XIX.

Melderum (1920, p. 7 tradução nossa) narra que “para explicar a lei de Boyle, Newton foi levado a formular a hipótese de um fluido elástico composto de partículas que se repelem de uma certa maneira, sendo esta hipótese o exemplo mais antigo conhecido de um tratamento exato da teoria atômica”. Segundo o autor, este exemplo não foi apenas o ponto de partida do sistema de química de Lavoisier, mas também deu impulso à criação da teoria atômica.

De início, uma teoria atômica preliminar surgiu da descoberta de Priestley de que o ácido clorídrico e amônia pode existir como gases, Bryan Higgins, que estudou as obras de Newton, aplicou a doutrina de "partículas mutuamente repulsivo" para o caso desses dois gases, racionalizando então que duas partículas de amônia não poderiam combinar com uma de ácido, pois, se os três se encontrassem, os dois de amônia devem se repelir e um deles deve ser afastado do átomo de ácido. Por uma razão semelhante, dois átomos de ácido não podem se combinar com um de amônia. Bryan Higgins tentou explicar outros fatos em termos dessa teoria, considerando como regra geral que, quando um sal cristaliza a partir de água que contém ácido, o sal não carrega ácido consigo, devido as partículas de ácido no sal repelem as partículas de ácido na água. Isso, certo ou errado, ilustra o fato de que Bryan Higgins, como seguidor de Newton, formou visões precisas sobre a combinação de átomos (MELDRUM, 1920 p. 8)

Bryan Higgins, como narrado por Meldrum (1920), acreditou nessa teoria por anos e ficou confinado a visões incorretas da composição da matéria, fato que o impediu de melhorar sua teoria atômica. Seu sobrinho William Higgins, a quem ele treinou em Química, tornou-se

um dos primeiros seguidores das doutrinas de Lavoisier, publicando em 1789 um livro onde expõe os ensinamentos de Lavoisier contra o flogisto e contém uma teoria atômica muito melhorada. Para Meldrum (1920), Bryan Higgins encontrou a gênese de uma teoria atômica no trabalho de seu tio, e os ensinamentos de Lavoisier o capacitaram a desenvolver a teoria a partir da gênese. Assim, Meldrum (1920), considera que a teoria do Higgins sobrinho era um aperfeiçoamento da do Higgins tio, e ambas se baseavam na doutrina de Newton de um fluido elástico composto de partículas mutuamente repulsivas.

Meldrum (1920) narra que William Higgins, aprendendo com Lavoisier que o elemento oxigênio pode combinar-se com outro elemento em mais de uma proporção. Supõe-se que esses elementos tendem a se combinar primeiro na proporção átomo a átomo. A próxima combinação possível era dois átomos de oxigênio para um do outro elemento, depois três para um e assim por diante. Como átomos semelhantes se repelem, a combinação mais estável foi de 1 para 1, depois de 2 para 1, depois de 3 para 1 e assim por diante.

Foi lamentável para a química que a importância das ideias de William Higgins levasse em conta átomos não foi percebido no momento em que ele as publicou. Sua teoria "caiu em um mundo negligente", assim como o sistema dos elementos de Newland caiu em uma Sociedade de Química negligente (MELDRUM, 1920, p. 9, tradução nossa).

No excerto acima, Meldrum (1920) considera que os praticantes da Química do final do século XVIII negligenciaram as ideias de Higgins devido ao uso do conceito de átomo como elemento explicativo para as combinações envolvendo o elemento oxigênio. Para isso, o autor compara situação semelhante vivenciado anos depois pelo químico inglês John Alexander Reina Newlands (1837-1898), que apesar de ter publicado um sistema periódico alguns anos antes do químico Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907), foi negligenciado pela Sociedade Química Real em Londres e, por consequência, pelos praticantes da Química contemporâneos a ele.

A teoria atômica química de John Dalton, como narra Meldrum (1920), foi criada quatorze anos depois da publicação de Higgins. As tabelas de massas atômicas que ele produziu mais tarde diferem muito em detalhes da primeira, mas são baseadas nos mesmos princípios. Uma explicação completa de como essa primeira tabela surgiu seria, portanto, um relato da origem da teoria atômica química de Dalton. Dalton desenvolveu a teoria atômica física antes da química, uma vez que foi desenvolvida a partir de seus estudos sobre gases.

No período que Dalton iniciou seus estudos, os pesquisadores concordavam que o fato de os gases na atmosfera serem uniformemente misturados, embora de diferentes densidades,

estaria relacionado ao estado de combinação química mútua. Dalton trabalhando em uma hipótese contrária, a de que a atmosfera é uma mistura física, provou, em 1801, que a pressão em uma mistura de gases é a soma das pressões parciais, de modo que um gás na mistura exerce sua própria pressão como se os outros estivessem ausentes.

Ainda em 1801, Dalton apresentou a teoria dos gases mistos, que afirmou da seguinte forma: "Quando dois fluidos elásticos, denotados por A e B, são misturados, não há repulsão mútua entre suas partículas, isto é, as partículas de A impedem a repulsão de B, como eles fazem um ao outro." Esta teoria, como uma aparente tentativa de estender a hipótese de Newton de um único fluido elástico para o caso de uma mistura, prova, segundo Meldrum (1920), que Dalton era um newtoniano.

Meldrum (1920) avalia que quando a teoria atômica química de Dalton é examinada, descobre-se que ele ainda é um newtoniano. A regra fundamental dessa teoria é que átomos diferentes tendem a se combinar na proporção de átomo para átomo. Quando apenas um composto de dois elementos era conhecido, presumia-se que era binário, por exemplo, a água era formada pela união de um átomo de oxigênio com um de hidrogênio, a amônia pela união de um de hidrogênio com um de nitrogênio.

A regra básica desta teoria é que átomos diferentes tendem a se ligar em uma razão átomo-átomo. Quando apenas um composto de dois elementos era conhecido, era considerado binário, por exemplo, a água era formada pela união de um átomo de oxigênio e um átomo de hidrogênio, a amônia pela união de um átomo de nitrogênio e um átomo de hidrogênio. Mais tarde, quando Dalton foi chamado para justificar essa regra, ele apontou que se o elemento A se combina com o elemento B, a repulsão dos átomos de B entre si deve resultar na formação de um composto binário.

Meldrum (1920), na tentativa de entender a aceitação da teoria atômica de Dalton, narra que:

[...] a nova teoria foi muito rapidamente acolhida e adotada especialmente neste país. e deve sua rápida aceitação em grande parte à energia e entusiasmo do professor Thomas Thomson contribuiu em grande parte para sua aceitação imediata entre os cientistas (Norman 1920 pag. 10-11, tradução nossa).

Mas, segundo Meldrum (1920), o entusiasmo de Thomas Thomson pela teoria atômica foi genuíno e seus esforços para torná-la conhecida foram bem-sucedidos, mas Dalton e ele permaneceram por muitos anos os únicos químicos na Grã-Bretanha que defendiam e utilizam essa teoria. Segundo o autor, foi por intermédio de Berzelius, um químico e investigador científico sueco e um dos fundadores da química moderna, que a teoria atômica ganhou uma

base experimental sólida e, assim, muito mais do que qualquer outro químico, trouxe sua aceitação no mundo científico.

Em relação à prioridade da teoria atômica entre Higgins e Dalton, Meldrum (1920, p. 12, tradução nossa) avalia que:

[...] a cronologia é a base indispensável da história, e a história da ciência gira em torno de questões de prioridades. Questões de prioridade na ciência poderiam ser discutidas absolutamente sem sentimento, se a natureza humana permitisse que artigos científicos fossem publicados anonimamente.

Avaliando, ainda que de forma superficial esse tópico, pautado em autores que defenderam um ou outro reclamante da prioridade da teoria atômica, Meldrum (1920) narrou que o químico britânico William Hyde Wollaston (1766-1828) ficou do lado de Higgins na época, e depois que a controvérsia acabou com outros homens de peso, o químico escocês Thomas Graham (1805-1869) e o polímata inglês John Frederick William Herschel (1792-1871), por exemplo, aproveitaram a ocasião para afirmar a prioridade de Higgins.

Finalizando sua obra, Meldrum (1920) apresenta duas suposições sobre a questão da prioridade:

(1) Que Dalton plagiou Higgins. Não há, no entanto, necessidade de adotar essa suposição. (2) Que Higgins e Dalton partiram da mesma hipótese, a saber, a doutrina de Newton de um fluido elástico composto de partículas mutuamente repulsivas, seguiram praticamente a mesma linha de pensamento e chegaram essencialmente às mesmas conclusões (MELDRUM, 1920, p. 13, tradução nossa).

Entre as duas suposições, Meldrum (1920), ao justificar que não há necessidade de assumir a primeira como verdadeira, considera que por Higgins e Dalton terem utilizado a hipótese dos fluidos elástico de Newton como base, logo chegaram a conclusões parecidas a teoria atômica. Desta forma, essa questão de prioridade para Meldrum (1920) parece estar mais associado a “sentimentos” do que a aspectos de coerência conceitual, robustez e aplicabilidade das ideias desenvolvidas pelos dois pesquisadores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar o presente estudo historiográfico, com base em alguns poucos livros de história da Química ou do desenvolvimento do conceito de átomo publicados no século XIX e início do século XX, observamos que há de fato “um século de conhecimento científico esquecido”, que não são “contados” nos livros didáticos de Química atuais. Diferente do que os livros didáticos informam, não existe um salto entre estudos de Dalton e Thomson acerca do átomo, mas, um século repleto de publicações, debates, disputas de prioridade sobre esse tópico.

Devido a diferentes perspectivas de trabalho dos autores selecionados, podemos observar que construções filosóficas originadas na Grécia antiga, tal como a de Lucrecio, foi revisitada e dialogada com construções teóricas do século XIX, a teoria atômica de Dalton e a teoria do vórtice de Thomson. A teoria do vórtice, como apresentou Venable (1904), foi relacionada a outros constructos científicos bem aceitos e estabelecidos na Química, o que demonstra sua aceitação na segunda metade do século XIX.

A disputa de prioridade da teoria atômica entre Higgins e Dalton aparece em três dos livros avaliados, cujos argumentos se complementam e tendem a reconhecer Higgins por apresentar essa teoria no campo científico. Levando em consideração que ambos partiram das ideias de fluido elástico de Newton, a defesa de Meldrum (1920), de se utilizar a cronologia em casos de disputa de prioridade, é a mais ética entre os autores apresentados.

Longe de estar completo, o presente estudo historiográfico, quando comparado aos fragmentos históricos apresentados em livros didáticos de Química, aponta para a: (i) a divergência entre a história apresentada em livros específicos de História da Química e livros didáticos atuais, resultando em um grande recorte dessa história, apresentado apenas como fragmentos; (ii) necessidade de rever a história dos conhecimentos químicos em materiais didáticos, não apenas livros didáticos, mas também de outros recursos que acabam adentrando o contexto educacional; (iii) qualificar a formação de professores de Química para que esses possam avaliar aspectos históricos apresentados em diferentes dispositivos e desenvolver materiais pautados na História da Química.

REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BELTRAN, M. H. R. História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. **Abakós**, v. 1, n. 2, p. 67-77, 2013.
- BETTELHEIM, F. A.; BROWN, W. H.; CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. **Introdução à Química Geral: Tradução da 9ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- BRITANNICA. **Atomic theory**. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/atomic-theory>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- CAMARGO, C. *et al.* Problematizando o ensino de modelos atômicos: Estudo de representação, **ACTIO**, v. 2, n. 3, p. 197-213, set./dez. 2018.
- CHANG, R. **Química Geral**. Porto Alegre: Grupo AMGH, 2010.
- CHAVES, L. M. M. P. **História da Ciência no estudo de modelos atômicos em livro didático**. 2011. Dissertação (Mestre em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Ed. Moderna, 1995.
- CRUZ, R. N. História e historiografia da ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006.
- GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- HEILBRON, J. L. J. J. Thomson and the Bohr atom. **Physics Today**, v. 30, n. 4, p. 23-30, 1977.
- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. **Química Geral e Reações Químicas**. Volume 1 - Tradução da 9ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016.
- LEITÃO, A. J. de L. **A natureza das coisas**. Tomo 1. Lisboa: Typ. de Jorge Ferreira de Mattos, 1851.
- LEITE, V. M.; SILVEIRA, H. E. da; DIAS, S. S. Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: um estudo das imagens de átomos. **Candombá**, v. 2, n. 2, p. 72-79, jul/dez 2006.

- LOPES, A. R. C. **Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química.** 1990. 289f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1990.
- LOPES, C. **Modelos Atômicos no Início do Século XX.** 2009, 173 f. Tese (Doutorado em História da Ciência) - Programa de Pós-Graduação em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2009.
- MACHADO, A. H. **Aula de Química: discurso e conhecimento.** Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- MARTINS, L. A-C. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science.** London: British Library Cataloguing, 1994.
- MATTHEWS, M. R. **Multicultural science education: The contribution of history and philosophy of science.** *In: Science, mind and art.* Dordrecht: Springer, 1995. p. 149-168.
- MELDRUN, A. N. **The developmente of the atomic theory.** Londres: Oxford University 1920.
- MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.
- MORTIMER, E. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, v. 7, n. 40, p. 25-41, 1988.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química.** Volume 1. 1ª edição. São Paulo: Editora Scipione, 2010.
- PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. C. O Ensino de Bohr no Nível Médio. **Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.
- RAMON, C. Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria. **EUREKA**, v. 9, n.3, p. 329-337, 2012.
- ROSA, C. A. de P. **História da ciência: a ciência moderna.** 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012.
- ROSCOE, H. E.; HARDEN, A. **A new view of the origin of Dalton's atomic theory.** Londres: Macmillan and CO 1896.
- SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D. E GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.
- SANTANA, K. V. R.; SARMENTO, V. H. V.; WARTHA, E. J. 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, 2011.
- SCHNETZLER, R. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n.1, p.1-27, 2002.

SCHNETZLER, R. P; SANTOS, W. L. P. dos. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. Ed. UNIJUI, 1997.

SILVEIRA, H. E.; CICILLINI, G. A. O conhecimento químico em apostilas do Ensino Fundamental. **Ensino em Re-vista**, v. 9, n. 1, p. 135-156, 2002.

SOUSA, C. *et al.* Representação da mulher em livros didáticos de química. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, p. 241-253, 2019.

TABER, K. The atom in the chemistry curriculum: fundamental concept, teaching model of epistemological obstacle? **Foundations of Chemistry**, n. 5, p. 43-84, 2003.

TODESCO, S. *et al.* **História e Filosofia da Ciência**. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R1013-1.pdf. Acesso em: 10 set. 2020.

VEITCH, J. **Lucretius and the atomic theory**. Escócia: Nabus Press, 1875.

VENABLE, F. **The study of the atom; the foundations of Chemistry**. Carolina do Norte: Palala Press, 1904.