

Preenchendo a lacuna entre os modelos atômicos de Dalton e Thomson nos livros didáticos de Química

Filling the gap between atomic models of Dalton and Thomson in chemistry textbooks

Letícia dos Santos Pereira

Universidade Federal da Bahia – Universidade Estadual de Feira de Santana
leticiaufba6@gmail.com

José Luís de Paula Barros Silva

Universidade Federal da Bahia
jose Luis@ufba.br

Resumo

As narrativas sobre o desenvolvimento dos modelos atômicos nos livros didáticos de Química são caracterizadas por um grande hiato entre a formulação do modelo atômico de John Dalton em 1808 e o modelo de átomo proposto por Joseph Thomson em 1904. Essa lacuna de quase um século oculta eventos importantes para a consolidação da teoria atômica: a definição dos termos átomo e molécula, os estudos relativos aos fenômenos elétricos e a unificação entre o atomismo químico e físico. Neste trabalho, buscamos estabelecer uma ponte entre o modelo atômico de Dalton e Thomson com base nos eventos citados, a fim de preencher essa lacuna histórica nos livros didáticos de Química.

Palavras chave: modelos atômicos, ensino de química, história da química.

Abstract

Narratives about atomic models development presented in Chemistry textbooks are characterized by a large gap between John Dalton's atomic model, proposed in 1808, and the atomic model formulated by Joseph Thomson in 1904. This gap nearly one century hides important events to consolidation of atomic theory: definition of terms *atom* and *molecule*, researches on electric phenomena and unification of chemical and physical atomism. In this article, we seek to build a bridge between Dalton and Thomson atomic models based in events cited above in order to fulfill this historical gap in chemistry textbooks.

Key words: atomic models, chemistry teaching, history of chemistry.

Introdução

O estudo dos Modelos Atômicos, certamente, é um dos conteúdos mais característicos das aulas de Química e também um dos mais abordados pelas pesquisas de Ensino de Química. A ideia de átomo é tão importante para a Química que é difícil relatar brevemente os motivos de tal relevância. A ideia de átomo está presente no fazer científico da Química, como

exemplificado pelos programas de síntese orgânica, nanomateriais e química computacional, e no arcabouço conceitual mais fundamental desta ciência, relacionando-se aos conceitos de valência, estrutura molecular, ligação química, dentre muitos outros.

Além da sua importância conceitual, a teoria atômica apresenta uma das narrativas mais complexas e longas da História da Química, o que torna necessário sua simplificação para propósitos didáticos, de modo que os diferentes modelos atômicos sejam compreendidos pelos estudantes.

No Ensino de Química, o conteúdo Modelos Atômicos talvez seja aquele em que considerações histórico-filosóficas apareçam de maneira mais explícita, dada a necessidade de compreender o desenvolvimento das ideias atomistas sobre a constituição da matéria. Nesse caso, os livros didáticos constituem a principal fonte de muitos professores a respeito de questões históricas sobre o desenvolvimento do atomismo.

Apesar da significativa melhora da abordagem deste tema pelos livros didáticos nos últimos anos, ainda persistem alguns problemas de natureza histórica e epistemológica nessas narrativas (CHAVES et al. 2014; MELO; LIMA NETO, 2013). Esse problema é significativo pois, de acordo com Martins (2007), muitos docentes consideram difícil abordar questões histórico-filosóficas durante as aulas de ciências devido a problemas, como: o excesso de conteúdos nos currículos escolares, carência de materiais didáticos adequados e a pouca presença desse tipo de conteúdo nos livros didáticos, os quais consistem na principal referência utilizada pelos professores ao planejar suas aulas (Ibidem, p.121).

Os modelos atômicos são apresentados sempre historicamente nos livros didáticos, que mostram o seu surgimento em ordem cronológica, partindo geralmente do atomismo filosófico dos gregos Leucipo e Demócrito (séc. V a.C.) e partindo para o atomismo científico de John Dalton (1808), Joseph Thomson (1904), Ernest Rutherford (1912) e Niels Bohr (1913). Essa narrativa é tão tradicional que mal percebemos o grande hiato de quase um século entre o modelo atômico de Dalton e o modelo atômico de Thomson. Esta lacuna na narrativa sobre os modelos atômicos é curiosa, pois este foi um período muito importante para a consolidação da Química moderna, coincidindo com a controvérsia atômica, a diferenciação dos conceitos de átomo, molécula e equivalente, e com a união do atomismo químico ao atomismo físico, unificando o modelo de átomo destas ciências (SCHÜTT, 2003; NYE, 1984).

Deste modo, a narrativa apresentada pelos livros didáticos nos parece esvaziada, pois não articula as propostas de átomo de Dalton e Thomson e deixa ao estudante a sensação de que esses modelos não possuem nenhuma relação entre si.

Pelo exposto, este trabalho tem como objetivo preencher a lacuna existente entre as teorias atômicas de John Dalton e Joseph Thomson, apresentando episódios importantes para o desenvolvimento da teoria atômica que levaram a substituição do modelo daltoniano pelo modelo atômico com cargas elétricas proposto por Thomson. Para atingir tal objetivo, nos apoiaremos na literatura especializada sobre a história da química e da física no século XIX, a fim de estabelecer um fio condutor para a narrativa proposta.

Relações entre os Modelos Atômicos de Dalton e Thomson

A distância temporal entre as investigações de Dalton e Thomson é de quase cem anos, período de profundas transformações tanto para a Química quanto para a Física. Segundo alguns historiadores, o modelo atômico daltoniano surgiu em decorrência das investigações meteorológicas de John Dalton que, baseado nos trabalhos de Isaac Newton, propôs a existência de partículas discretas que compunham todas as substâncias químicas (VIANA;

PORTO, 2007). O modelo atômico de Thomson, por outro lado, é atribuído ao desenvolvimento das pesquisas relativas aos fenômenos elétricos ao longo de todo o século XIX. Essas investigações sugeriam que a matéria teria uma natureza elétrica, o que foi corroborado pela determinação da relação entre a massa e a carga do elétron.

Apesar dos diferentes contextos em que estes cientistas estavam inseridos, Lopes (2009) aponta algumas relações entre esses dois modelos que podem contribuir para a elaboração de uma narrativa mais integrada.

O inglês Joseph Thomson desenvolveu durante sua formação acadêmica um grande interesse pelos trabalhos de Dalton, o que despertou seu interesse nas pesquisas sobre estrutura da matéria e nas leis de combinação química. Além disso, Thomson buscou explicar as propriedades periódicas dos elementos químicos a partir da configuração eletrônica dos átomos, o que nos mostra que Thomson estava a par das pesquisas sobre estrutura da matéria de sua época (Ibidem, p. 21-25).

O modelo atômico de Thomson também contribuiu para a unificação entre o atomismo físico e o atomismo químico¹. De acordo com o historiador Robert Purrington (1997), estas duas teorias se mantiveram afastadas até 1870, quando as investigações sobre fenômenos elétricos e a elaboração da teoria cinética dos gases possibilitou sua aproximação².

Uma proposta de Integração

Acreditamos ser possível elaborar uma narrativa sobre os modelos atômicos que integre os trabalhos de Dalton e Thomson, tendo como elementos de ligação a unificação dos dois tipos de atomismo e os estudos sobre fenômenos elétricos nas áreas Química e na Física ao longo do século XIX. Deste modo, a narrativa que propomos para unir os modelos de Dalton e Thomson segue duas narrativas paralelas: primeiramente, a repercussão dos trabalhos de John Dalton e o Congresso de Karlsruhe em 1860, que contribuiu para resolução de problemas conceituais e para o desenvolvimento campos que permitiram a aproximação entre o atomismo físico e químico. Em segundo lugar, mostraremos como as investigações sobre eletricidade na Química e na Física antecederam e contribuíram para as ideias de Thomson sobre a natureza elétrica da matéria.

A Repercussão do Atomismo Daltoniano

O inglês John Dalton (1766-1844) foi responsável por inserir o atomismo científico no campo da Química. Com o objetivo inicial de explicar o comportamento dos gases atmosféricos, Dalton elaborou uma teoria capaz de solucionar o problema da constituição das substâncias químicas, ao propor a existência de pequenas partículas chamadas átomos.

Entretanto, a ideia de uma matéria composta por partículas é muito anterior aos trabalhos de Dalton. Os gregos foram os primeiros a especular a existência dos átomos e muitos dos filósofos naturais do século XVII e XVIII também admitiam uma matéria descontínua. Mas diferentemente desses, o atomismo proposto por Dalton não se referia apenas à constituição dos corpos, mas também, às transformações químicas, que na opinião desse cientista “não vão

¹ O atomismo físico defendia que a matéria era composta por partículas diminutas, enquanto o atomismo químico propunha que os átomos seriam as menores partículas envolvidas nas transformações químicas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

² Discordando de Purrington, a historiadora Mary Jo Nye (1984) entende que a união entre os dois tipos de atomismo foi antecipada pelo italiano Stanislao Cannizzaro no Congresso de Karlsruhe em 1860, quando este afirmou não fazer sentido distinguir o “átomo físico” do “átomo químico” (Ibidem, p. xvi).

além da separação e reunião de partículas entre si” (DALTON, 1808, p. 212).

Assim, Dalton construiu um novo significado para o termo átomo, considerando-o não como o menor constituinte da matéria, mas também como as unidades mínimas participantes das reações químicas.

As ideias de Dalton, no entanto, receberam duras críticas de muitos cientistas da sua época. Os opositores da teoria atômica argumentavam que o uso dos átomos era dispensável, podendo ser substituído pela ideia de equivalentes ou pelas leis ponderais. Um exemplo de lei de combinação é a lei proposta por Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), que mostrou que em reações químicas envolvendo reagentes gasosos, estes se combinavam numa proporção de números simples.

Dalton rejeitou a lei proposta por Gay-Lussac, que por sua vez, também criticou duramente a hipótese atômica. As discrepâncias entre os dois químicos versavam a sobre a composição das substâncias simples, o que gerou diversos problemas de interpretação de reações químicas. Além disso, Gay-Lussac acreditava que o uso dos átomos não traria nenhum benefício à Química, defendendo que a mesma deveria se pautar na matéria sensível, não em corpúsculos inobserváveis (BENSAUDE- VINCENT; STENGERS, 1992; OKI, 2006).

O físico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856) buscou reinterpretar a lei de Gay-Lussac com base na teoria atômica de Dalton, propondo que volumes iguais de gases diferentes, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, deveriam possuir a mesma quantidade de moléculas. Isto exigia que existissem moléculas formadas por dois átomos iguais.

Tal proposta não foi bem recebida pelos dois lados da disputa: os céticos não aceitavam os átomos; e os atomistas não admitiam a possibilidade de moléculas constituídas por átomos iguais (ver teoria dualista de Berzelius, adiante). Além disso, a hipótese de Avogadro também foi prejudicada pelo uso indiscriminado dos termos *átomo*, *molécula* e *equivalente*, conceitos que eram utilizados como sinônimos por vários químicos desse período, causando grandes problemas de interpretação das reações químicas. Dada a necessidade de se definir esses conceitos e outros problemas que dificultavam a comunicação e o entendimento entre os químicos, em 1860 foi realizado um congresso na cidade de Karlsruhe a fim de resolver algumas dessas questões.

Berzelius e a Natureza Elétrica da Matéria

O químico sueco J. J. Berzelius (1779-1848) foi uma figura importante para a Química do século XIX. Berzelius foi responsável pela identificação de diversos elementos químicos, pela criação de importantes conceitos científicos e um dos principais divulgadores da teoria atômica de Dalton.

Berzelius tomou conhecimento do trabalho de Dalton e tornou-se adepto do atomismo. Contudo, Berzelius elaborou críticas ao atomismo daltoniano e buscou aprimorá-lo. Baseando-se na hipótese atômica, Berzelius introduziu o conceito de isomeria de compostos; substituiu os símbolos atômicos pictóricos de Dalton por símbolos alfabéticos e elaborou um sistema de escrita de fórmulas químicas. Analisou milhares de substâncias e determinou pesos atômicos através de medidas experimentais cuidadosas (RUSSELL, 1966).

Entre suas contribuições teóricas que fizeram avançar a teoria atômica, encontra-se a atribuição da polaridade elétrica aos átomos, na qual se apoiava sua explicação para que dois átomos se unissem: era necessário que possuissem polaridades diferentes.

Embora os fenômenos elétricos fossem conhecidos desde a antiguidade, foi a partir da construção da primeira pilha eletroquímica no final do século XVIII, em 1800, por

Alessandro Volta (1745-1827), que as pesquisas avançaram. A disponibilidade de uma fonte de energia portátil, renovável e de fácil uso, estimulou o estudo dos efeitos elétricos sobre os compostos químicos, gerando o desenvolvimento de novas técnicas, novos experimentos e novas teorias para explicar a ocorrência das reações químicas (OKI, 2000).

A teoria dualista de Berzelius se apoiou na natureza elétrica da matéria. Segundo esta teoria, os átomos possuíam cargas elétricas e polaridades definidas: positiva ou negativa. Deste modo, os elementos químicos poderiam ser classificados de acordo com sua polaridade e intensidade de carga elétrica. As moléculas, ou átomos compostos, seriam formados por átomos de polaridades distintas, que sofreriam atração e formariam ligações químicas. Por outro lado, átomos iguais possuíam a mesma polaridade e carga elétrica, o que causaria uma repulsão e impediria a formação de ligações químicas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). Por esse motivo, a ideia de moléculas poliatômicas para substâncias simples como a proposta de Avogadro não era bem aceita pela comunidade química.

Ao longo do século XIX, os átomos adquiriram novos atributos. Reações químicas de substituição mostraram que átomos eletropositivos, como os de hidrogênio, podiam ser substituídos por átomos eletronegativos, como o cloro ou outros halogênios. Isto levou Dumas a propor a teoria dos tipos, onde a ideia do dualismo elétrico dos átomos já não dominava.

O Congresso de Karlsruhe e suas Consequências para o Atomismo

O contexto em que a Química se encontrava em 1860 era agitado. Além dos debates acerca da realidade atômica, os químicos possuíam diferentes opiniões acerca do significado dos termos molécula, átomo e equivalente. Também existiam problemas quanto a representação por fórmulas químicas e a nomenclatura utilizada para as substâncias químicas, o que dificultava o entendimento entre os químicos. Esses debates na comunidade química do século XIX levaram à realização Congresso de Karlsruhe a fim de solucionar tais questões (BENSAUDE-VINCENT, 2003; OKI, 2009).

Nesse evento, destacou-se o artigo *Sunto di un corso de filosofia chimica* do italiano Stanislao Cannizzaro, que propôs a distinção dos termos átomo e molécula a partir dos trabalhos de Avogadro, assim como a utilização de um sistema único de pesos atômicos e a unificação entre o atomismo químico e físico (NYE, 1984). Esse artigo motivou a adoção do sistema de pesos atômicos, o que contribuiu para a aceitação do atomismo como uma hipótese útil para a Química.

O Congresso de Karlsruhe foi importante para o desenvolvimento de novas teorias da Química. A primeira delas foi o conceito de poder ou capacidade de combinação dos átomos (valência), que poderia variar de composto a composto, e a capacidade de formar estruturas no espaço. Kekulé propôs a formação de cadeias carbônicas. O tautomerismo — intercâmbio de estruturas isômeras — levou à consideração de que os átomos poderiam reagrupar-se conforme diferentes estruturas. Desse modo, átomos passaram a ser considerados entes espaciais dinâmicos, com poderes de combinação variados (ROCKE, 2003).

Outra contribuição desse congresso foi o desenvolvimento da Lei Periódica dos elementos químicos pelo russo Dimitri Mendeleev, que reconheceu a importância das definições dos termos átomo e molécula propostas em Karlsruhe para o desenvolvimento da Tabela Periódica (Ibidem, p.1077). Todavia, a explicação para as capacidades de combinação dos elementos químicos e propriedades periódicas dos elementos químicos, assim como a natureza das interações elétricas da matéria só foi elucidada com a proposta do modelo atômico de Joseph Thomson no final do século XIX.

Dos Raios Catódicos aos Elétrons

Como exposto anteriormente, a descoberta da natureza elétrica dos materiais contribuiu para o desenvolvimento de importantes estudos sobre este tema e para a descoberta de importantes fenômenos elétricos, que permitiram aos químicos e físicos compreender melhor a estrutura da matéria.

Um químico cujas pesquisas contribuíram de forma significativa para a compreensão da natureza elétrica da matéria foi o britânico Michael Faraday (1791-1867). Dentre suas contribuições, encontra-se a identificação dos diferentes polos de um sistema eletrolítico, designados cátodo e ânodo, e a relação entre afinidade química e decomposição eletrolítica das substâncias (BENSAUDE- VINCENT; STENGERS, 1992). Faraday também foi um dos primeiros a relatar o que o fenômeno que seria posteriormente identificado como raios catódicos pelo físico Johann Hittorf (1824-1914). As investigações relativas aos fenômenos elétricos reforçavam a ideia de que a matéria possuía uma natureza elétrica e levaram Hendrik Lorentz (1853-1928) a propor a existência de cargas elétricas elementares, que posteriormente foram chamadas de elétrons por Johnstone Stoney (1826-1911).

As investigações sobre raios catódicos e foram objeto de controvérsia quanto à sua natureza: ondas ou partículas. Cada lado procurava elaborar experiências que demonstrasse a correção da sua posição e criasse obstáculos para seus opositores. Ao longo da segunda metade do século XIX, os numerosos trabalhos possibilitaram atribuir uma série de propriedades aos raios catódicos: emissão pela superfície de um cátodo, estimulada por diferença de potencial elétrico; propriedades independentes da natureza do material do cátodo do qual foram emitidos; trajetórias lineares; provocam fluorescência ao chocar-se com vidro; transmitem energia; possuem natureza elétrica, pois são desviados por campo eletromagnético; atravessam paredes finas (ANDERSON, 1964).

Thomson seguiu a tradição das pesquisas inglesas sobre os raios catódicos, de vertente corpuscular. Após numerosas experiências, nem sempre bem sucedidas, conseguiu obter um valor para a relação carga/massa das supostas partículas dos raios catódicos. Como este valor superava a relação carga/massa para o íon hidrogênio, a menor partícula conhecida, Thomson sugeriu a existência de uma partícula menor que o átomo e que faria parte de todos os materiais. O mesmo valor de relação carga/massa foi detectado em vários outros fenômenos nos anos seguintes: efeito Zeeman, efeito fotoelétrico, radiação beta, até a determinação da carga do elétron (ANDERSON, 1964).

A relação de Thomson com os átomos seguiu paralela aos seus estudos dos raios catódicos e vinculada à química. Em 1883, já havia aplicado a teoria dos átomos vortex a reações químicas. Em 1895 propôs um modelo atômico com base em pequenos girostatos como constituintes de sua estrutura. Em 1904 deu os primeiros passos na proposição do modelo eletrônico dos átomos, concluído em 1904, o mais conhecido modelo atômico de Thomson (LOPES, 2009).

Considerações Finais

A proposta aqui apresentada mostra ser possível preencher a lacuna existente nos livros didáticos de Química entre os modelos atômicos de Dalton e Thomson. Entendemos ser possível maior detalhamento incluindo-se desenvolvimento das teorias de ligação atômica e de estruturas moleculares (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992), teoria cinético-molecular (PURRINGTON, 1997), bem como, as pesquisas sobre espectroscopia e astroquímica, que foram importantes para o desenvolvimento de novos modelos atômicos na passagem do século XIX para o XX (LOPES, 2009).

As relações entre os modelos atômicos possibilitam aos estudantes perceber como os novos fenômenos requereram modificações do modelo atômico inicial, revelando as rupturas e continuidades entre as diversas propostas. De modo geral, este caso possibilita a discussão de como os modelos explicativos precisam ser modificados para atender às novas descobertas. A compreensão de como os modelos científicos se desenvolvem é um aspecto importante do conhecimento científico.

Futuramente, pretendemos utilizar a narrativa aqui apresentada nas aulas de Química, a fim de avaliar se a mesma contribui para um melhor entendimento pelos estudantes do desenvolvimento dos modelos atômicos e apontar as vantagens e desvantagens do uso dessa narrativa no ensino da Química.

Referências

- ANDERSON, D. L. **The discovery of the electron**. Princeton: Van Nostrand, 1964.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Languages in Chemistry. In: NYE, Mary Jo (Ed.). **The Cambridge History of Science**. V. 5: The modern physical and mathematical sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 174-190.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- CHAVES, L. M. M. P. *et. al.* História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014.
- DALTON, John. **A new system of Chemical Philosophy**. Manchester: R. Bickerstaf, 1808. Available in: <https://archive.org/details/newssystemofchemi01daltuoft>. Acess in: 03 Apr. 2015.
- LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2009.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.
- NYE, M. J. (Org.) **The Question of the Atom: The History of Modern Physics 1800-1950**. Los Angeles: Tomash, 1984.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**. v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.
- OKI, M. C. M. **A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada dos conceitos químicos**. 2006. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação Universidade Federal da Bahia, 2006.
- OKI, M. C. M. A Eletricidade e a Química. **Química Nova na Escola**. n. 12, p. 34-37, 2000.
- PURRINGTON, R. D. **Physics in the Nineteenth Century**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1997.
- ROCKE, Alan J. The theory of chemical structure and its applications. In: NYE, Mary Jo (Org.). **The Cambridge History of Science**. v. 5: The modern physical and mathematical sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 255-271.
- RUSSELL, C. A. Berzelius and the development of the atomic theory. In: CARDWEL, D. S.

L. **John Dalton and the progress of science**. Manchester: Manchester University Press, 1966. p. 259-263.

SCHÜTT, H. Chemical Atomism and Physical Atomism. In: NYE, Mary Jo (ed.). **The Cambridge History of Science**. v. 5: The modern physical and mathematical sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 237-254.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P.A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 7, p. 4-12, 2007.