

Debates sobre a hipótese atômica no século XIX como caminho para discussão da prática científica

Cristiano B. Moura (PG)^{*1,3}, Tânia O. Camel (PQ)^{2,3}, Andreia Guerra (PQ)³.
**cristiano.moura@cefet-rj.br*

1 – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ Campus Petrópolis. Rua do Imperador, 971. Centro – Petrópolis – RJ. CEP 25620-003.

3 – Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz – EPSJV / FIOCRUZ. Av. Brasil, 4365. Manginhos – Rio de Janeiro – RJ. CEP 21040-360

3 – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, PPG Ciência, Tecnologia e Educação. Av. Maracanã, 229. Maracanã – Rio de Janeiro – RJ. CEP 20271-110.

Palavras-Chave: Ensino de Química, História e Filosofia da Ciência, História do Átomo

RESUMO

Com base em estudos que têm apontado o potencial da utilização de controvérsias históricas na construção e implementação de abordagens histórico-filosóficas, e da discussão sobre a importância de se abordar as práticas da ciência – e não apenas seus produtos e conceitos – na educação em ciência, este estudo teórico pretende, a partir do episódio dos debates sobre a hipótese atômica no século XIX, apontar as controvérsias existentes naquele contexto e evidenciar caminhos para a discussão das práticas científicas, a partir da ótica da História Cultural da Ciência, propondo implicações educacionais da abordagem histórico-filosóficas no ensino de ciências. A partir desse recorte, ficaram evidentes diversos aspectos dessas práticas como a existência de controvérsias, a argumentação dos cientistas, o papel das instituições, e a participação de diversos cientistas no processo de estabelecimento de consenso.

INTRODUÇÃO

Estudos das últimas décadas defendem que a crescente complexidade da ciência, seja em seus produtos quanto nos seus processos de produção, traz consigo a necessidade de discussão sobre a ciência e não apenas o ensino dos seus conteúdos (LEDERMAN, 2007; OSBORNE *et al.*, 2003; McCOMAS, 2008; ALLCHIN, 2014). Em outras palavras, os produtos da ciência contemporânea muito dificilmente seriam passíveis de uma mediação para o currículo das ciências escolares, em virtude de sua complexidade, do percurso necessário através do conhecimento acumulado para atingir essa complexidade e mesmo pela extensão programática que seria necessária nas disciplinas, para dar conta de áreas do conhecimento cada vez mais hiperespecializadas.

A ponderação a respeito da demanda de ensino sobre a ciência vai ao encontro da perspectiva de que o ensino de ciências em nível básico deveria servir à formação cidadã em contraposição a uma formação meramente propedêutica. Na maioria dos estudos, segundo Rudolph e Horibe (2015), a definição de formação cidadã se traduz em classificar um cidadão como sujeito capaz de tomar decisões cientificamente bem informadas. Para cumprir este objetivo, autores como Allchin (2014) defendem que o que deve ser priorizado na formação dos estudantes é a avaliação da robustez e confiabilidade da informação científica para a tomada de decisão. Já Kampourakis (2016) aponta a ênfase em duas competências: entender

como a ciência é produzida e que tipo de produtos ela cria, bem como desenvolver argumentos embasados e envolver-se em processos decisórios a respeito de controvérsias sócio-científicas.

Para nós, essa dimensão formativa deve estar voltada à formação de cidadãos que sejam capazes de “pensar sobre” a ciência e, inclusive, sobre o mundo em que a ciência está inserida (MOURA; GUERRA, 2016). Para isso, além de ser necessário ultrapassar o ensino de ciências dito dogmático-instrumental, – isto é, baseado na abordagem acrítica dos produtos da ciência tidos como prontos e acabados (BRAGA; GUERRA; REIS, 2008) – é fundamental transformar as salas de aula de ciências em espaços de discussão e reflexão sobre a ciência. É, portanto, uma mudança de postura e de entendimento a respeito do que deve ser uma aula de ciências, o que certamente desafia a cultura didática (HOTTECKE; SILVA, 2011) da química e perpassa diversas dificuldades na formação docente para implementação em sala de aula (HOTTECKE; SILVA, 2011; SILVA; GUERRA, 2015; SCHIFFER; GUERRA, 2015).

A história da ciência surge, nesse contexto, como uma aliada indispensável se o objetivo é produzir discussões sobre a ciência. Muitos autores têm defendido sua utilização (PORTO, 2010; ALLCHIN, 2014; CHAMIZO; GARRITZ, 2014) como forma de promover o contexto de produção da ciência, propiciando diversos benefícios se pensarmos em um ensino de ciências com as características descritas acima. A seguir, listamos alguns destes benefícios:

- Situar modelos historicamente, ou seja, ressaltar que todo modelo científico responde a questões e controvérsias de seu momento histórico e que, portanto, precisa ser analisado à luz de seu tempo para um entendimento efetivo;
- Explorar a relação da ciência com o contexto sócio-histórico-cultural. Tal relação fica melhor evidenciada quando olhada em retrospecto, pois na perspectiva histórica, os problemas não estão “em aberto”, como nas controvérsias sócio-científicas contemporâneas (ALLCHIN, 2014);
- Perceber as diversas questões a respeito da construção do conhecimento científico a partir de seu contraste da prática científica historicamente desempenhada em oposição ao fazer científico (e mesmo os hábitos culturais) contemporâneo (s).

Os argumentos destacados a favor da abordagem histórica no ensino não bastam quando o assunto é a educação científica. É necessário também atentar para “qual” história traz-se para a educação em ciências. Estudos (MOURA; GUERRA, 2013; CHAVES; CARNEIRO; SANTOS, 2014) mostram que embora livros didáticos de química usem história da ciência em seus capítulos e, particularmente, para o tema de modelos atômicos, muitas vezes tal inserção ainda funciona de forma acessória ou às vezes até alegórica, o que não contribui com os objetivos pedagógicos defendidos acima a respeito da inserção de história da ciência no ensino. Neste contexto, defendemos que a utilização de história da ciência no ensino deve servir à discussão das práticas científicas para a compreensão efetiva de como a ciência se construiu historicamente, entendendo com isso que o conhecimento científico não é imutável e constituído de verdades absolutas.

Este estudo teórico pretende, a partir do episódio dos debates sobre a hipótese atômica no século XIX, apontar as controvérsias existentes naquele contexto e evidenciar caminhos para a discussão das práticas científicas, em específico o

processo de argumentação entre os cientistas ingleses para defender as suas visões sobre o tema, propondo implicações educacionais da abordagem histórico-filosófica aqui defendida.

CONTROVÉRSIAS HISTÓRICAS, PRÁTICAS CIENTÍFICAS E HISTÓRIA CULTURAL DA CIÊNCIA: CONVERGÊNCIAS

Algumas pesquisas (BRAGA; GUERRA; REIS, 2012; OLIVEIRA, 2014) têm apontado o potencial da utilização de controvérsias históricas na construção e implementação de abordagens histórico-filosóficas. Segundo Braga, Guerra e Reis (2012), não são raras divergências entre cientistas acerca da interpretação de fenômenos ou experimentos; tais divergências podem ser tão profundas que podem durar décadas ou até cerca de um século para que, enfim, se atinja um consenso, como no caso da divergência a respeito da hipótese atômica no século XIX (OKI, 2009).

Explorando momentos diversos da história da ciência, Oliveira (2014) aponta que é possível observar casos nos quais as controvérsias se estabeleceram durante um período, buscando a interpretação de fenômenos: controvérsias a respeito da geração espontânea da matéria; divergências em torno à natureza da luz em diversos momentos da história e ainda o caso da existência ou não de um fluido neuroelétrico nos animais (século XVIII).

Segundo Braga, Guerra e Reis (2012), as controvérsias históricas têm potencial para problematizar junto aos alunos a ideia de que o conhecimento científico é feito de verdades inquestionáveis e que foram concebidas de maneira linear ao longo do tempo. Com o auxílio das controvérsias, os alunos podem perceber que ao longo do desenvolvimento científico foram gerados diversos debates entre ideias opostas, ou seja, que para determinado fenômeno ou experimento, é comum que haja a competição entre diferentes alternativas que possuem boa capacidade explicativa para aquele fenômeno ou experimento (MACHAMER; PERA; BALTAS, 2000). Retratar apenas a história dos “vencedores”, além de representar uma pseudo-história, pode acabar por mistificar determinados personagens (ALLCHIN, 2004), ao dar a impressão de que aquele conhecimento é “natural” e desenvolveu-se segundo um caminho trivial e sem percalços. Essa forma de abordar a ciência traz fortes implicações na capacidade de os alunos se identificarem com a ciência que lhes é apresentada (MOURA; GUERRA, 2016).

A possibilidade de explorar controvérsias na educação científica está intimamente ligada a debates recentes a respeito do desenvolvimento da ciência e não apenas sobre seus produtos. Avançando no debate sobre a inserção de temas sobre a dita “Natureza da Ciência” no ensino, autores (MODY, 2015; FORD, 2015) têm discutido a ideia de prática científica como um caminho para abordar temas metacientíficos de forma complexa e não-idealizada.

Nesse sentido, a prática científica é entendida por Mody (2015) como trabalho. E como em diversos trabalhos diferentes da ciência, os cientistas também lêem, escrevem, falam e ouvem em congressos, tentam “educar” seus pares, convencê-los de sua teoria ou interpretação para um fenômeno, e engajam-se em relações sociais por meio de grupos de pesquisa e colaborações. A ênfase na prática social da ciência, assim como nas instituições, resultaria, portanto, em uma imagem mais próxima do real fazer científico do que as listas de características sobre a ciência, que vêm sendo criticadas (FORD, 2015; ALLCHIN, 2014).

Ford (2015), em particular, aponta que mecanismos que simplificam demais a compreensão sobre o empreendimento científico, destacando uma ou outra característica a cada vez, podem levar a uma compreensão incompleta e distorcida sobre como se produz a ciência. Sendo assim, o foco nas controvérsias científicas como mote para a discussão sobre a ciência nos parece interessante, pois não restringe a abordagem a respeito da ciência a nenhum aspecto em particular, conforme poderia ser entendido a partir da lista consensual (McCOMAS, 2008) mas sim a um episódio da história da ciência onde estuda-se como os cientistas interagiram até a obtenção de um consenso, ou seja, como as novas evidências e argumentos apontadas pelos cientistas vão-se encaixando a perspectivas existentes para produzir novos sentidos, fazendo avançar o conhecimento científico (FORD, 2015).

Ainda que clarifiquemos, do ponto de vista teórico, as vantagens de uma abordagem deste tipo, ainda resta uma questão-chave: como fazer? Como a história da ciência pode ajudar nesse processo? Assim, exploramos aqui uma possibilidade: a História Cultural da Ciência (HCC). Segundo Burke (2008), a História Cultural, de uma maneira geral, enquanto vertente historiográfica, concentra sua atenção nas práticas cotidianas, buscando narrativas que destaquem padrões culturais de determinada época.

Sendo assim, a História da Ciência que pretendemos aqui enfocar está relacionada às práticas dos atores do processo de construção da ciência, neste caso em particular os argumentos expostos pelos cientistas no processo de controvérsia científica ocorrida em torno à hipótese atômica na Inglaterra durante o século XIX. Em lugar de procurar caracterizar correntes ou estilos de pensamento, como faria uma perspectiva fleckiana, ou programas de pesquisa, como faria alguém baseado em Imre Lakatos, ou ainda outras abordagens mais estruturalistas, exporemos, dentro dos limites deste trabalho, os argumentos, os espaços onde ocorreram esses debates e como os argumentos vão se articulando até a produção de um consenso na comunidade da época a respeito da hipótese atômica.

METODOLOGIA

Foram selecionados a partir de fontes históricas primárias e secundárias diversos trechos de argumentos de cientistas ingleses que trabalharam com a hipótese atômica durante o século XIX com o objetivo de criar uma narrativa em história da ciência capaz de explorar e caracterizar a controvérsia existente entre hipóteses que pressupunham uma matéria discreta e outros que pensavam a matéria a partir de teorias de continuidade. Tendo em vista a discussão do marco teórico, escolhemos neste estudo traçar uma abordagem a partir da corrente historiográfica da história cultural da ciência (BURKE, 2008). Com isso, pretendemos aproximar a abordagem histórico-filosófica em situações educacionais, nas quais prevaleçam o enfoque nas práticas científicas. Ao final, são descritas possibilidades educacionais do recorte histórico aqui produzido.

HIPÓTESE ATÔMICA: DEBATES INGLESES NO SÉCULO XIX

A hipótese atômica foi alvo de três debates no final do século XIX. Muito utilizada em várias teorias químicas, sobretudo na química orgânica, quase nunca o foi com caráter realista. Ocorreram três debates memoráveis no final do século XIX: na

Sociedade Química de Londres em 1869, na Academia das Ciências de Paris em 1877 e na Associação Científica Germânica de Cientistas e Médicos em 1895.

Nesse trabalho, o debate de 1869 é apresentado com o objetivo de demonstrar como a hipótese atômica, apesar de empregada por vários químicos do século XIX, não desempenhava a mesma função nas suas teorias. O uso da hipótese foi amplamente discutido nestas ocasiões por químicos e físicos reconhecidos, que tomaram atitudes muitas vezes antagônicas sobre o papel que a hipótese deveria representar nas teorias. Esse fato ilustra bem a prática científica à época, marcada por uma forte controvérsia a respeito do caráter da hipótese atômica. Apesar de a hipótese ser considerada muitas vezes em sua interpretação realista, os textos originais, na maioria das vezes, não fornecem informações a este respeito (CAMEL, 2010)

É comum verificar nos textos das teorias o emprego do vocábulo e da ideia de átomo, como na teoria do carbono tetraédrico de Van't Hoff ou ainda certa miscelânea entre os termos volumes, átomos (químicos e físicos), entretanto, o uso da hipótese não significava admitir a ontologia do átomo, pelo contrário, sintetizando com a ideia de Whewell: a utilidade de uma teoria atômica não significa sua realidade física. (WHEWELL, 1847b).

Na Grã-Bretanha, a discussão será analisada a partir da proposta atomista de Alexander W. Williamson (1824-1904) e de seu embate com o anti-atomista Benjamin Collins Brodie (1817-1880). Em duas ocasiões anteriores, Williamson, em 1861, e Brodie, em 1867, haviam apresentado considerações referentes ao uso da hipótese atômica nas teorias químicas. Em três de junho de 1869¹, Williamson, então presidente da Sociedade Química de Londres, proferiu uma conferência a favor do caráter realista da hipótese atômica e seu principal opositor foi Brodie. O título da conferência foi “Sobre a Teoria Atômica” e, naquele tempo, foi considerada a melhor exposição já feita em defesa da hipótese. (KNIGHT & BROCK, 1965).

No seu discurso a favor da hipótese, Williamson propôs a seus pares examinar o problema em três níveis sucessivos: pesos equivalentes, moléculas e valores atômicos. Com este objetivo, fez um inventário de todo o conhecimento conquistado na Química até então, exibindo uma série de exemplos independentes nos quais a suposição de átomos de peso característico no estudo das reações químicas de um determinado composto permitia inferir a fórmula e, portanto, estabelecer a constituição do composto orgânico ou inorgânico. Finalmente, a fórmula devia estar de acordo com o peso molecular do composto. Ele apontou as suposições envolvidas na Lei das Múltiplas Proporções e admitiu que, de maneira alguma, esta lei provava a existência dos átomos, entretanto a hipótese não devia ser analisada somente quanto a este aspecto, mas também a partir do conceito de molécula e da teoria da valência (WILLIAMSON, 1869).

Williamson evocou ainda o sucesso explicativo da hipótese nas teorias da Química Orgânica, porém, não havia nenhum consenso em reconhecer os desenvolvimentos da Química Orgânica como prova para a existência dos átomos: “*Configurações hipotéticas de átomos no espaço não tinham nenhum valor, exceto se confirmadas por fatos correspondentes, tais como aqueles que as propriedades ópticas ou cristalinas dos corpos podem, talvez um dia, fornecer*”. (WHEWELL, 1847a, p. 166).

De acordo com o relato de sua conferência, o peso equivalente de um elemento em qualquer composto corresponde “ao peso do elemento que em qualquer composto se combina com a unidade de hidrogênio ou pode ser substituída por ela, o

¹ Sessenta anos após a teoria atômica de Dalton, dez anos após a teoria cinética dos Gases de Maxwell e no mesmo ano que Mendeleev publicou sua Tabela Periódica dos Elementos (BROCK; KNIGHT, 1965).

que é facilmente obtido através da divisão do número representado pelo símbolo atômico pelo número de equivalentes da família do hidrogênio ou do cloro com o qual ele se combina”. (WILLIAMSON, 1869, p. 331). Deste modo, o equivalente do ferro é $\text{Fe}/2$ no FeCl_2 , o equivalente do carbono é $\text{C}/4$ no CH_4 e o equivalente do nitrogênio é $\text{N}/5$ no NH_4Cl .

Com relação aos pesos equivalentes, Williamson observou que:

“Os químicos não usam estas expressões fracionárias para representar os equivalentes, mas usam os próprios símbolos atômicos. Estes descrevem, de fato, átomos, como se imagina, combinados um com outro nas proporções de múltiplos inteiros de seu peso. A lei das Proporções Múltiplas, portanto, não existe separada da teoria atômica e, entretanto aqueles, que a adotam, parecem não ter consciência de que estão usando a noção de átomos ou são tímidos para mencioná-la.” (WILLIAMSON, 1869, p. 339).

No que diz respeito à existência de moléculas, algumas propriedades físicas que comprovam sua existência foram apontadas como o volume molecular, compostos cristalinos análogos com volumes iguais ou quase iguais, a relação entre o peso molecular e a velocidade de difusão, e o ponto de ebulição e o ponto de fusão. Estas duas últimas referindo-se, sobretudo, aos compostos orgânicos homólogos. Williamson, então, concluiu como se segue:

Encontro-me em sérias dificuldades, pois as moléculas não possuem um *locus standi* na ausência da teoria atômica. Elas são átomos físicos, nas palavras de Dumas, sua existência é uma consequência necessária da teoria atômica e todas as reações químicas provam a sua existência. Elas são, também, reveladas pelo exame das propriedades mecânicas dos gases. (WILLIAMSON, 1869, p. 350).

Williamson destacou como valor atômico, no citado artigo, o valor de substituição dos elementos de acordo com suas respectivas famílias, isto é, o que era conhecido como atomicidade (posteriormente valência), e relacionou este valor com o peso equivalente e com a hipótese de átomo.

Para ilustrar esta situação, comparou a substituição do hidrogênio pelo oxigênio em compostos análogos como CH_2Cl_2 e COCl_2 , nos quais um peso equivalente de oxigênio substitui dois pesos equivalentes de hidrogênio.

A mesma relação se observa quando o oxigênio substitui o cloro. Citou a reação que ocorre quando se passa oxigênio em cloreto de hidrogênio através de um tubo aquecido ao rubro e que está de acordo com a seguinte equação molecular: $\text{O}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$ ² temos a substituição do cloro pelo oxigênio. Exemplificando dessa forma o valor atômico do oxigênio em relação ao cloro.

Comparou as fórmulas do cloreto de potássio e do óxido de potássio, considerando que se um peso equivalente de potássio se combina com um peso equivalente de cloro, as fórmulas esperadas seriam KCl e $\text{KO}_{1/2}$, a partir da ideia de que um peso equivalente de oxigênio substitui dois pesos equivalentes de cloro. Todavia, a fórmula do óxido desafia o conhecimento obtido pelas reações químicas e analogias que indicam a fórmula K_2O .

Williamson considerava a distinção entre uma combinação direta ou indireta entre os átomos uma importante evidência química de sua existência, pois esta era independente das comparações quantitativas estabelecidas. Para ilustrar seu argumento, citou vários exemplos de isômeros, nos quais os diferentes produtos obtidos em reações químicas decorriam do fato de um elemento estar direta ou indiretamente unido a outro. (CAMEL, 2010)

² Conforme expresso no original de Williamson (1869, p. 354).

Pelos argumentos expostos por Williamson, é possível inferir que para ele os átomos tinham existência real e propriedades que podiam ser investigadas, sendo, portanto, uma hipótese verificável e não um artifício lógico, visto que o raciocínio e o suporte empírico podiam ser guiados por ela (CAMEL, 2010) Ele, entretanto, não pensava em uma confirmação direta do átomo, e sim que poderia conciliar induções extraídas de informações distintas, para confirmar a hipótese de modo indireto.

Em quatro de novembro de 1869, a discussão sobre a teoria atômica, iniciada por Williamson, continuou com a conferência presidida e proferida pelo seu opositor Brodie. Ironicamente, as posições de Williamson e Brodie tinham se invertido em relação à conferência feita por Brodie em 1867, que fora presidida por Williamson. (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 19).

Esta reunião foi posteriormente descrita como “uma noite memorável e interessante na vida da Sociedade de Química” (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 18). O resumo da *Chemical News* relata expressões de Brodie, Williamson, E. Frankland, W. Odling, J. Tyndall, W. Allen Miller, E. Mills, G. C. Foster. Havia outros presentes, mas suas contribuições não foram registradas. (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 19).

Knight e Brock se referem à argumentação de Brodie e a de Williamson neste encontro como um positivista versus um pragmático. Brodie afirmou que Williamson falhara quando não separou fatos de ficção. (KNIGHT & BROCK, 1965).

Williamson enumerou uma variedade de observações químicas independentes que em “tudo coincidia para corroborar as conclusões de que a teoria atômica precisava”. A linha de trabalho tão vigorosamente perseguida por muitos químicos daquela época, considerando a ordem na qual os átomos estão arranjados nos seus compostos, foi também mencionada por Williamson que concluiu, ao referir-se aos valores atômicos e à combinação direta e indireta, um fato que ele concebia ser de natureza essencialmente atômica (BRODIE, 1869, p. 434).

Frankland, em 1867, já havia se expressado rejeitando a hipótese atômica. Nesta ocasião, ele insistiu sobre o grande valor e, mesmo, a necessidade de hipóteses em ciência. Contudo, ninguém deveria afirmar que hipóteses são descrições da realidade. Em 1869, reforçou sua posição ao declarar-se contrário à aceitação da teoria como uma verdade absoluta, isto é, de modo realista, entretanto, “ele reconhecia a importância do uso pleno da teoria como um tipo de escada a assistir o químico para progredir de uma posição para outra em sua ciência.” (BRODIE, 1869, p. 435). O que Frankland estava propondo era o uso da hipótese como uma ferramenta de trabalho, isto é, o seu uso pragmático. Para enfatizar sua posição ele afirmou que não desejava ser considerado “um crédulo na teoria ou alguém que reluta em renunciá-la se algo melhor se apresentasse para assisti-lo no seu trabalho”. (BRODIE, 1869, p. 435).

Em relação ao convencionalismo de Frankland, Brodie e Williamson concordavam que era sem sentido empregar uma teoria, na qual não se acredita e se está disposto a negar, enquanto se explora seu sucesso plenamente, “ou se aceitava o atomismo porque se acreditava que os átomos existiam ou se rejeitava os átomos completamente. Não havia espaço para um acordo utilitário ou para a afirmativa de Comte de que a hipótese atômica era um artifício lógico útil”. (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 20). Brodie e Frankland ilustram dois aspectos antagônicos da abordagem positivista em relação às entidades teóricas: o extremo fenomenalismo que só lida com observáveis e o convencionalismo que as emprega como ficções úteis.

Odling continuava céptico em relação aos átomos e concordava com Frankland que a continuidade ou a descontinuidade da matéria era uma questão metafísica.

Oldling, citando Davy³, defendeu o argumento de que a hipótese atômica foi “induzida em demasia”, a partir das leis das combinações químicas.

Foram os físicos que forneceram argumentos a favor de Williamson. Miller, o espectroscopista, e Tyndall defenderam a hipótese atômica. Para Miller, mesmo que não se pudesse adotar a hipótese como absolutamente verdadeira, tal visão da constituição da matéria explicava, no mínimo, todos os fatos químicos que foram apresentados até então. (BRODIE, 1869). Ele repetiu a analogia feita por um escritor anônimo no *North British Review*: “a teoria ondulatória da luz era, em geral, bastante aceita pelos físicos, embora ela estivesse em uma posição semelhante na Física àquela da teoria atômica na Química e, entretanto, os físicos não criaram um alvoroço sobre isso”. (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 21).

Tyndall também se pronunciou dizendo que “ele certamente esperava que o Dr. Oldling desse um passo além quando se referiu a alusão de Davy às leis de Kepler [...] Outro homem seguiu Kepler e “induziu em demasia” algo dos fatos – que conhecemos agora como a teoria da Gravitação”. (BRODIE, 1869, p.438). Ele alegou também que a utilidade de uma teoria não era suficiente para estabelecer uma verdade absoluta e considerou a utilidade da teoria corpuscular da luz para explicar alguns fenômenos ópticos, embora a teoria ondulatória a tenha substituído por ser competente para explicar os fenômenos que eram inexplicáveis pela primeira. (BRODIE, 1869, p. 439).

A maior contribuição veio de Foster, um aluno de Williamson, que reorientou o debate em torno da verdade ou da falsidade da hipótese e não da sua utilidade. Ele apontou também que pré-concepções em relação à composição química exigiam que os químicos explicassem os fenômenos químicos de forma corpuscular.

Mills se referiu a Davy, Wollaston e Faraday como aqueles cujos questionamentos contra o atomismo nunca foram respondidos e ele repetiu os argumentos empíricos de Davy para a complexidade dos elementos químicos. De acordo com ele, “a existência de ondas era um fato, enquanto a existência de átomos ou de qualquer tipo de limite na natureza, não. Ninguém nunca viu um átomo e neste sentido a teoria atômica estabelecia um paralelo com a teoria do Flogisto”. Mais adiante ele acrescentou que “a matéria podia ser infinitamente divisível, ainda que proporções definidas pudessem existir, pois entre dois infinitos pode haver uma razão finita e, deste modo, a teoria atômica não era perfeitamente necessária à Química”. (BRODIE, 1869, p. 439).

Nesta conferência em particular, a palavra final coube a Brodie que se referiu à teoria como desnecessária e perniciosa.

Brodie tinha outros aliados, entre eles estava o químico orgânico Colin Alder Wright, que expôs suas ideias à Sociedade, em um longo artigo de 1872. Wright mantinha uma visão extrema na tradição dos livros didáticos sobre o que é fato e o que é hipótese na Química e em seu artigo sua conferência abordou como estes conceitos foram aplicados à Química estrutural. Uma disputa sobre estes conceitos se estabeleceu, neste encontro, entre o conferencista Robert William Atkinson, assistente de Williamson e Wright. Segundo Wright, os principais fatos e generalizações, sobre os quais a Química foi fundamentada, podiam ser expressos em palavras ou representados por símbolos, sem envolver, de algum modo, o uso da hipótese de átomos materiais e, também, a hipótese não explicava todos os fatos e generalizações. Como Brodie, Wright afirmava que o atomismo era desnecessário e insuficiente, mas, diferente dele, acreditava que “os símbolos comuns não necessariamente envolviam a hipótese atômica e que, pelas definições escolhidas convenientemente, o símbolo pode

³ Davy, como presidente da Royal Society, em 1826, havia feito a comparação entre as leis de Kepler e as leis das combinações químicas, quando presenteou Dalton com a medalha real.

ser empregado, embora a mente do químico esteja livre da doutrina atômica”. (KNIGHT & BROCK, 1965, p. 24).

Em 17 de setembro de 1873, o próprio Williamson fez sua réplica em um encontro da Associação Britânica, em Bradford. Por mais duas vezes, Williamson ainda retornaria para uma defesa pública da teoria atômica antes de se retirar em 1887. Além disso, até o trabalho dos estereoquímicos nos anos 1870, havia um forte ceticismo presente na Química desde o início do século em relação à hipótese. Porém, apesar do debate em torno ao átomo não ter se restringido à Inglaterra (OKI, 2009; CAMEL, 2010) a palavra final sobre o assunto – como sabemos hoje – foi de Williamson, predominando a visão atomista da matéria.

IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

O objetivo desta seção é levantar aspectos que podem ser explorados a partir da narrativa criada sob a ótica de um novo olhar historiográfico da História Cultural da Ciência que evidenciam as práticas científicas e que, portanto, podem fomentar debates acerca de questões sobre a ciência, conforme discutido no marco teórico.

Através do presente estudo histórico, a partir do recorte espaço-temporal escolhido, ficou evidente a existência de uma forte controvérsia a respeito do status epistemológico da hipótese atômica, tanto quanto a respeito da sua aceitação ou não pela comunidade científica do século XIX, conforme já relatado pela literatura (OKI, 2009). No entanto, através do enfoque da História Cultural da Ciência, é possível evidenciar a forma e o conteúdo dos argumentos e contra-argumentos dos cientistas que participaram dos debates, bem como a articulação entre estes argumentos para produzir conhecimento novo para a ciência.

Por meio dessa abordagem, aproximamos a história da ciência utilizada em abordagens histórico-filosóficas ao estudo das práticas científicas no ensino de ciências, sublinhando as performances contidas nessas práticas, como o processo de convencimento dos pares, e suas relações sócio-institucionais, que ficam claras a partir da participação destes cientistas em congressos da área. A propósito, cabe ressaltar que o congresso de 1869 foi um dos primeiros congressos da história da química⁴. Ou seja, há, com isso, o estabelecimento de uma prática fundamental para a química até os dias de hoje, tanto no que diz respeito a servir de palco para os debates que potencializam a criação de novos argumentos mais robustos para corroborar as teorias quanto ao que tange à própria divulgação dentro da comunidade química das pesquisas feitas pelos cientistas.

Além disso, com os meios de transporte e comunicação existentes na época (majoritariamente impressos), a ascensão dos congressos como palco de debates cria uma limitação geográfica que vai implicar o fato de quem poderá fazer ciência estando em diálogo com o conhecimento de fronteira e quem não. Hoje, essa dificuldade é menos proeminente com a chegada das ferramentas digitais para disseminação de informação e a profusão de meios de transporte disponíveis a preços mais acessíveis.

Em oposição à visão do cientista gênio que constrói seu conhecimento no laboratório e em seu gabinete, percebemos a partir desse recorte que os argumentos vão sendo moldados a partir do debate, representado na narrativa principalmente pela oposição entre Brodie e Williamson, mas também pelos argumentos colocados também por diversos outros atores científicos como Wright, Atkinson, Foster, Tyndall, Odlyng, Frankland, Davy, entre outros. Ultrapassando a mera retórica da “ciência feita por

⁴ O primeiro foi o Congresso de Karlsruhe de 1860 foi o primeiro encontro internacional de químicos, realizado na cidade de Karlsruhe, Alemanha, de 3 a 5 de setembro de 1860.

muitas mãos”, neste viés microhistórico possível a partir da História Cultural da Ciência, fica evidente em um exemplo prático a ciência enquanto construção coletiva. Por último, é possível também perceber a utilização de analogias e argumentos de outras áreas do conhecimento (vide comparação de H. Davy entre as leis de Kepler e as leis das combinações químicas) mostrando o poder de penetração de uma ciência na outra e a porosidade entre essas culturas científicas que começam a se estabelecer disciplinarmente.

Todos estes aspectos sobre o episódio em epígrafe podem ser explorados em abordagens histórico-filosóficas (BRAGA; GUERRA; REIS, 2012; SCHIFFER; GUERRA, 2015; SILVA; GUERRA, 2015) para diversos níveis de ensino, associados ou não a estratégias como narrativas, uso de imagens, etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostra o potencial da abordagem histórico-filosófica a partir da História Cultural da Ciência que traz a preocupação de explorar as práticas científicas a partir da história da ciência (HC). Para cumprir esse objetivo, propôs-se uma mudança de enfoque na abordagem de episódios históricos, no caso em particular, os debates ingleses a respeito da hipótese atômica durante o século XIX, nos aproximando às práticas científicas com o olhar mais apurado. Ficaram evidentes diversos aspectos dessas práticas como a existência de controvérsias, a argumentação dos cientistas, o papel das instituições, e a participação de diversos cientistas no processo de estabelecimento de consenso. Este recorte não esgota as possibilidades de abordagem do tema, mas indicou alguns caminhos que deixam evidentes as escolhas de olhar para a história, que facilitam a abordagem das práticas científicas no ensino de ciências a partir da HC.

Indica-se como uma possibilidade trabalhos futuros explorar outros episódios da história da ciência ou mesmo este episódio sob uma ótica que permita a emergência de outras temáticas relacionadas às práticas científicas, como o papel da experimentação e da representação simbólica na ciência, conjugado aos papéis epistêmicos destas ferramentas na produção de novos significados e no curso histórico da ciência. Além disso, também sugere-se trabalhos de aprofundamento das potencialidades de história cultural como veículo para exploração dessas práticas científicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLCHIN, D. From Science Studies to Scientific Literacy: a view from the classroom. *Science & Education*, 23, p. 1911 – 1932, 2014.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, 13, p. 179-195, 2004.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. O papel dos livros didáticos franceses do século xix na construção de uma concepção dogmático-instrumental do ensino de física. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v. 25, n.3, p. 507-522, 2008.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. The role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère, *Science & Education*, v. 21, p. 921-934, 2012.

BRODIE, B. C. Discussion of Dr. Williamson's Lecture on the Atomic Theory. *Journal of the Chemical Society*, 22, 1869. 433-441.

BURKE, P. O que é história cultural? Trad. Sergio Goes de Paula, Rio de Janeiro: Zahar, 2008

CAMEL, T. A relevância das teorias da química orgânica na aceitação do conceito de molécula e de uma realidade atômica. Tese de doutorado em História das Ciências e das técnicas e Epistemologia, UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. 335p.

CHAMIZO, J. A.; GARRITZ, A. Historical Teaching of Atomic and Molecular Structure. In: MATTHEWS, M. R. (Ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer. 2014.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 269 – 279, 2014.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. "Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles". *Science & Education*, v. 20, n. 3, 293-316, 2011.

KAMPOURAKIS, K., The "general aspects" conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 53, pp. 667–682, 2016.

KNIGHT, D. M.; BROCK, W. H. The Atomic Debates: Memorable and Interesting Evenings in the Life of the Chemical Society. *ISIS*, 56, n. 183, p. 5-25, 1965.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, Present, and Future." In: Abell, S. K., Lederman, N. G. (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, p. 831-880, 2007.

MACHAMER, Peter K.; PERA, Marcello; BALTAS, Aristeidēs. *Scientific controversies: philosophical and historical perspectives*. New York-Oxford: Oxford University Press, 2000.

McCOMAS, W. F. "Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science", *Science & Education*, v. 17, p. 249-263, 2008.

FORD, M. J. Educational Implications of Choosing "Practice" to Describe Science in the Next Generation Science Standards. *Science Education*, v. 99, n. 6, p. 1041–1048, 2015.

MODY, C. C. M. Scientific Practice and Science Education. *Science Education*, v. 99, n. 6, p. 1026–1032, 2015.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. "Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência." *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência*, Água de Lindoia, SP, Brasil, 2013.

- MOURA, C. B.; GUERRA, A. Ciência e seus autores: um olhar ao longo da história. In: R. D. V. L. Oliveira; G. R. P. C. Queiroz. (Orgs.). Tecendo diálogos sobre direitos humanos na Educação em Ciências. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, p. 261-285, 2016.
- OLIVEIRA, F. F. Controvérsia Histórica: uma possibilidade de problematização acerca de elementos de natureza da ciência no ensino médio. Dissertação de Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2014.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., DUSCHL, R. "What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community." *Journal of Research in Science Teaching*, v. 40 n. 7, p. 692-720, 2003.
- OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX, *Química Nova*, v. 32, n. 4, 1072-1082, 2009.
- PORTO, P. A. "História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade." In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de Química em foco* (1ª Ed, p.159-180). Ijuí (RS): Unijui, 2010.
- RUDOLPH, J. L.; HORIBE, S. What do we mean by science education for civic engagement?. *Journal of Research in Science Teaching*. DOI: 10.1002/tea.21303, online first, 2015.
- SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Electricity and Vital Force: Discussing the Nature of Science Through a Historical Narrative. *Science & Education*, v. 24, p. 409-434, 2015.
- SILVA, H. R. A.; GUERRA, A. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, p. 378-406, 2015
- WHEWELL, W. *History of the Inductive Sciences, from the earliest to the present time*. 3. ed. London: J.W. Parker, 1847a.
- WHEWELL, W. *The Philosophy of the Inductive Sciences*. 2a. ed. Londres: [s.n.], v. 1, 1847b.
- WILLIAMSON, A. W. On the Atomic Theory. *Journal of the Chemical Society*, 22, pp. 328-365, 1869.