

O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico

Letícia do Prado

Marcelo Carbone Carneiro

Resumo

A análise de episódios da história da ciência pode ser usada como uma estratégia didática que promove a superação de visões descontextualizadas da ciência. Permitindo que os alunos vivenciem a construção do conhecimento científico e percebam que eles não são feitos a partir de lampejos de genialidade ou de maneira isolada. Tornando-se impossível elencar apenas um indivíduo para representar a formulação de uma lei ou teoria. Neste trabalho nosso objetivo é apresentar a contribuição de Lavoisier no episódio histórico sobre o abandono da teoria do flogisto e ascensão da teoria do calórico, salientando a importância dada a experimentação no século XVII e XVIII e buscando com isto nos livrar de narrativas anedóticas, descontextualizadas e elitistas ainda presentes no Ensino de Química que colocam este personagem como pai da química moderna.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência; Ensino de Química; Lavoisier.

Abstract

The analysis of episodes of the history of science can be used as a didactic strategy that promotes the overcoming of decontextualized visions of science. This makes the students experience the construction of scientific knowledge and realize that they are not made from glimpses of genius or in an isolated way, being impossible to list only an individual to represent the formulation of a law or theory. In this work, our objective is to present the real contribution of Lavoisier in the historical episode about the phlogiston theory abandonment and the rise of the caloric theory. From this, it is possible to stress the importance given to experimentation during the 17th and 18th century, seeking to get rid of anecdotal, decontextualized and elitist narratives that are still present in the Teaching of Chemistry that put this personage like father of the modern chemistry.

Keywords: History and Philosophy of Science; Chemistry teaching; Lavoisier.

Introdução

As metodologias de ensino de ciências propõem inúmeras estratégias didáticas para tornar o ensino mais motivador, contextualizado e dinâmico de forma a conseguir boa formação do aprendiz. Uma destas metodologias defende do uso da história e filosofia da ciência (HFC) como forma de superar obstáculos epistemológicos e visões descontextualizadas da ciência, mostrando uma ciência humanizada, plural e diretamente ligada a fatores culturais, sociais e econômicos do período histórico estudado.

A história da química como ciência particular, por exemplo, remota de épocas muito antigas cujos mistérios alquímicos são constantemente revisitados em filmes, jogos de tabuleiro e videogames despertando o interesse pelo assunto em alunos mais jovens.

O interesse pelos mistérios que cercavam os laboratórios logo é findado pois a química apresentada nos materiais didáticos em geral, dão total ênfase a seus aspectos teóricos, usando os experimentos como forma de verificação ou demonstração de teorias já consolidadas¹. Substitui-se assim, a essência do processo de construção e desenvolvimento da ciência, por narrativas descontextualizadas, de pleno sucesso e exatidão, atribuindo muitas vezes a uma pessoa toda glória de uma disciplina inteira, como é o caso das anedotas sobre Lavoisier ser o pai da química devido a seu famoso *Tratado Elementar de Química* de 1789.

Por este motivo, neste trabalho nosso objetivo é apresentar a contribuição de Lavoisier no episódio histórico sobre o abandono da teoria do flogisto e ascensão da teoria do calórico, salientando a importância dada a experimentação no XVIII, buscando com isto nos livrar de narrativas anedóticas, descontextualizadas e elitistas ainda presentes no Ensino de Química.

Para isto, traremos neste trabalho uma contextualização do episódio histórico usando como fonte textos dos principais comentadores que estudaram a fundo este período e trechos de trabalhos originais traduzidos.

Assumimos que ao fazer abordagens históricas o professor deve entender que suas concepções influenciarão, na interpretação e apresentação de certos aspectos do período pesquisado, neste sentido, é essencial para uma abordagem de HFC que o professor se prepare sobre o período histórico que irá estudar e sobre os conceitos atuais que pretende trabalhar tomando especial cuidado com as fontes e as traduções que serão utilizadas, por isto dedicamos a seção final deste trabalho para discutir as possíveis articulações e a criação de interfaces entre os conhecimentos deste episódio histórico da química e seu ensino.

Na tentativa de extrair da história das ciências um problema significativo que permita colocar o aluno em condições de abordá-lo e entendê-lo, promovendo a execução de uma situação de aprendizagem que estimule a vivência e a construção de conhecimentos científicos a partir da interface entre a história e filosofia da ciência e o ensino de química.

¹ Letícia do Prado, "As Atividades Experimentais de Química do Currículo do Estado de São Paulo: Abordagens e Objetivos," in: *Anais do VI Congresso Brasileiro de Educação* (Bauru: FC/Departamento de Psicologia, 2017), 1-10, <http://www.cbe-unesp.com.br/2017/index.php?p=apresentacao> (acessado em 20 de março de 2018).

Apresentação do episódio histórico

As práticas de oficinas, ateliês e laboratórios sempre estiveram ligadas a sabedoria de grupos seletos cujos conhecimentos eram passados de mestre para aprendiz, rodeados de mistérios incompreensíveis para não iniciados, geraram a crença na magia e na mística por vários séculos².

A opacidade dos mistérios e das magias foram aos poucos sendo clarificados em conhecimentos científicos e práticas experimentais repletos de métodos e critérios rigorosos para que todo iniciado pudesse reproduzir os fenômenos tal qual o fez seu primeiro observador.

Controlar e produzir o fogo, por exemplo, foi uma das grandes conquistas do homem, sua influência é tão grande que a simbologia utilizada entre os alquimistas para representá-lo, o triângulo, sobrevive até hoje indicando as reações químicas que passam por aquecimento³.

Para Bachelard, esse é provavelmente o fenômeno que mais ocupou os cientistas ao longo o processo histórico, “durante muito tempo, pensou-se que resolver o enigma do fogo era resolver o enigma central do Universo”⁴, haja vista que nos estudos de filosofia natural de Heráclito (540-475 a.C.) o fogo era tido como princípio primordial e agente de transformação, já Aristóteles (384-322 a.C.) colocava o fogo entre os quatro elementos primordiais que combinados davam origem a composição de todos os seres, ambas suposições foram aceitas por mais de mil anos.

A importância do fogo e o encantamento por este fenômeno superou todas as barreiras da história e em meados do século XVIII, ainda haviam discussões complexas sobre a natureza do fogo bem como as explicações sobre a combustão e o calor, neste trabalho duas interpretações serão evidenciadas, são elas as teorias do *Flogisto* e do *Calórico* que serão brevemente apresentadas a seguir.

A consolidada teoria do flogisto

Pesquisadores como Partington e McKie⁵, Bensaude-Vincent e Stengers⁶ e Maar⁷ afirmam que as explicações da teoria do flogisto foram elaboradas por vários

² Ana M. Alfonso-Goldfarb, *Da Alquimia à Química* (São Paulo: Nova Stella, 1987).

³ Juergen H. Maar, *História da Química*, vol.1 (Florianópolis: Conceito Editorial, 2008).

⁴ Gaston Bachelard, *A Epistemologia*. (Lisboa: Edições 70, 2006).

⁵ James. R. Partington & Donald Mckie, *Historical Studies on the Phlogiston Theory* (New York: Arno, 1981).

estudiosos interessados na procura por explicações para o aumento do peso durante a calcinação dos metais, bem como por explicações sobre a afinidade química, ou seja, a busca pela comprovação da teoria de Aristóteles e a possibilidade de formação de novas substâncias pela combinação de quatro elementos primordiais.

Os primeiros estudos do século XVII sugeriam que o flogisto era o princípio que regia sobre o fenômeno da combustão e da calcinação dos metais, a obra *Physica Subterraneae* (1669) de Johann Joachin Becher (1635-1682) fundamentou a primeira teoria química capaz de descrever estas reações.

Para Becher, a matéria era constituída por três elementos primordiais: ar, água e terra. A terra por sua vez, poderia ser classificada de três diferentes formas: *terra vitrificável*; *terra mercurial* e *terra pinguis*. A *terra pinguis* era oleosa, inflamável e responsável pela queima de qualquer tipo de substância. Ao longo da obra Becher substitui o termo *terra pinguis* pelo termo grego *flogisto* (*inflamar-se*) atribuindo a ele características como peso e propriedades definidas⁸.

Outro importante colaborador para a consolidação desta teoria foi Georg Ernest Stahl (1660-1734) iatroquímico alemão que reeditou o livro de Becher, adicionando uma série de críticas e comentários sob o título *Specimen Beccherianum*. Esta obra se tornou os preceitos sobre a teoria do flogisto⁹.

Stahl reconhece, seguindo o seu mestre Becher, dois princípios para todas as misturas, água e terra. Mas distingue três tipos de terra: a terra vitrificável que remete para a solidez pesada dos minerais, a terra flogística, leve e inflamável, e a terra mercurial ou metálica, que dá aos metais a sua maleabilidade e o seu brilho a identificação destes princípios está relacionada com a teoria antiga da afinidade¹⁰.

Assim, para Stahl e seus discípulos, o flogisto era uma terra, e o fogo um instrumento¹¹.

⁶ Bernadette Bensaude-Vincent & Isabelle Stengers, *História da Química* (Lisboa: Instituto Piaget, 1996).

⁷ Maar, 411-740.

⁸ Ibid., 487-490.

⁹ Arthur Greenberg, *Uma Breve História da Química: Da Alquimia às Ciências Moleculares Modernas* (São Paulo: Edgard Blucher, 2009).

¹⁰ Bensaude-Vincent & Stengers, 88.

¹¹ Ibid., 91.

O fogo (ou calor), a água, como solvente, e o ar intervêm enquanto agentes mecânicos, tornando possível a mistura, mas não a causando. O fogo põe a terra flogística em movimento, o ar arrasta as partes mais voláteis dos corpos, a água põe em movimento as partes do soluto. A noção corpo-instrumento permitiu atribuir um espaço, embora limitado, às explicações mecanicistas em relação às quais a química stahliana se define¹².

De acordo com Bensaude-Vincent e Stengers¹³, a química francesa stahliana inspirava-se certamente na doutrina de Stahl, mas contendo as transformações e adaptações de seu fiel interprete, Guillaume François Rouelle (1703-1770), segundo estas autoras a escrita de Stahl era muito peculiar e alternava-se entre alemão arcaico e latim o que por muito tempo dificultou sua divulgação.

Rouelle, não era acadêmico e certamente só tomou contato com a obra de Stahl de maneira indireta, através de uma apresentação de *Senac – Cours de chymie suivant les principes de Newton et de Stahl* publicada em 1723¹⁴.

As preocupações práticas de Rouelle são facilmente entendidas pois, segundo Fara

durante todo o século 18, a Química foi matéria mais prática do que teórica. Os químicos aos poucos se diferenciaram dos alquimistas, rejeitando especulações inúteis e enfatizando a utilidade de sua arte (arte, sim, e não ciência, o que implicava conhecimento técnico e não aprendizagem formal). Beneficiando-se de técnicas de Alquimia e de instrumentos desenvolvidos ao longo de séculos, eles se concentravam em chegar a produtos funcionais.¹⁵

Rouelle trabalhou na rearticulação sobre a teoria que concebia o fogo como instrumento e o flogisto como terra *pinguis*, disseminando a teoria do flogisto na França no século das Luzes.

¹² Ibid., 89.

¹³ Ibid., 95-111.

¹⁴ Ibid., 91.

¹⁵ Patrícia Fara, *Uma Breve História da Ciência* (São Paulo: Fundamento Educacional, 2014), 219.

Na interpretação de Rouelle aceitava-se a ideia de que o flogisto estivesse presente nos metais e materiais combustíveis, sendo liberado no momento de sua queima. O fogo e o calor, são então os instrumentos; o flogisto é o elemento que entra na constituição das misturas¹⁶. Além disso, admitia-se que além da terra e da água, o ar era um elemento.

Usando a notação química, as reações de calcinação poderiam ser representadas da seguinte maneira:



Este processo poderia ser revertido, tratando a *calx* com materiais ricos em flogisto, ou seja:



A teoria de Rouelle não está pois, tal como a de Stahl, centrada em torno do flogisto. Mas o flogisto era, apesar disso tratado como elemento revolucionário que admitia peso e se fundia a descoberta entre combustão e corrosão, e a identificação da redução. Rouelle portanto associava elemento-instrumento de maneira equilibrada formulando um produto representativo da química das Luzes contra o mecanicismo e contra a ciência acadêmica, elitista e abstrata¹⁷.

Dentre os estudos realizados com base nesta teoria poder-se-ia explicar uma enorme gama de reações químicas que anteriormente não eram compreendidas, mas tinha uma grande limitação já que ela era capaz de descrever fenômenos observáveis de forma qualitativa, mas tinha certas divergências em seus aspectos quantificáveis. Tais divergências ocorriam, pois, os materiais orgânicos perdem massa na combustão, enquanto os metais ganham massa no processo de calcinação, ainda que esses dois processos sejam explicados pela perda do flogisto.

Esses fenômenos eram conhecidos dos químicos da época, e muitos tentaram articulá-los de forma a adequarem-se: Stahl explicava que a perda do flogisto criava espaços vazios na matéria restante, que era reagrupada, tornando-as mais densa; outros atribuíam a existência de flogisto com “peso negativo”, portanto repellido pela Terra, estas divergências exigiram adaptações contínuas e a formulações de novas

¹⁶ Bensaude-Vincent & Stengers, 92.

¹⁷ Ibid., 94.

hipóteses e explicações para o flogisto, levando-o a adquirir uma instabilidade e complexidade que o levou mais tarde ao desmoronamento.

Se por um lado as referências para o flogisto vinham dos trabalhos de Becher, Stahl e Rouelle, por outro desenvolviam-se ainda mais a Química Pneumática e a descoberta de novos elementos e novos “ares”.

Joseph Priestley (1733-1804) por exemplo, desenvolveu seus trabalhos identificando e caracterizando dez “ares” a luz da teoria do flogisto.

Hábil e fértil experimentador, as explicações teóricas de Priestley, moldadas pela teoria do flogístico, eram falhas e cheias de contradições mesmo no âmbito da teoria do flogístico. Para Priestley, a vela que queima libera flogístico, e a chama se apaga no interior de um recipiente fechado pois de saturado com flogístico; o novo “ar” provoca uma chama mais viva porque contém menos flogístico do que o ar comum, e foi chamado de “ar desflogisticado”, podendo receber uma quantidade maior de flogístico; o ar que sobra após a combustão está saturado de flogístico e foi chamado de “ar flogisticado”: ar comum – flogístico = “ar desflogisticado” (=oxigênio); ar comum + flogístico = “ar flogisticado” (= nitrogênio)¹⁸.

Mesmo com explicações falhas e cheias de contradições Priestley manteve-se firme e não abandonou a teoria do flogisto assim como outros químicos pneumáticos como Joseph Black (1728-1799) e Henry Cavendish (1731-1810), este último pouco citado pela história devido a falta de publicações sobre seus trabalhos.

Em 1757 o grupo de Joseph Black desenvolveu estudos sobre o calor, diferenciando pela primeira vez os termos temperatura e quantidade de calor, dando origem aos estudos iniciais sobre o calórico.

Os estudos de Black de 1770 sobre o calor e as máquinas pneumáticas renderam cinco postulados sobre o calórico, são eles: i) o calórico é um fluido elástico que tudo penetra e cujas partículas se repelem fortemente; ii) partículas de calórico são atraídas por partículas de matéria; iii) o calórico se conserva; iv) o calórico é sensível (quando se observa a variação de temperatura), e, v) calórico tem peso¹⁹.

Assim a teoria do calor de Black,

¹⁸ Maar, 669.

¹⁹ Ibid., 627.

propunha-se explicar um conjunto de fenômenos ligados à transferência de calor, como por exemplo a contração e a expansão observadas com o resfriamento e aquecimento (a expansão com o aquecimento fora a descoberta por Hooke) e o aquecimento que ocorre na fricção (fricção reduziria a atração entre calórico e matéria), variações na capacidade térmica, o calor latente, a calorimetria, o aumento de peso de certos metais quando aquecidos.²⁰

Cavendish provavelmente conhecendo os experimentos de Black e influenciado pelo estudo dos ares de Priestley, supôs que o flogístico fosse liberado pelos metais quando tratados com ácidos tornando-se o “ar inflamável”. Esquemáticamente teríamos que, o Metal era uma mistura de



Quando reagido com um Ácido, obteríamos um Sal,



Logo, o “ar inflamável” proposto por Cavendish era o próprio Flogisto. Além da crença no flogisto, que seria liberado do metal pela ação do ácido, Cavendish constatou que, nas condições de concentração em que trabalhou, um aumento da quantidade de metal correspondia a um volume maior de ar inflamável produzido. Para reforçar suas considerações, Cavendish desenvolveu experimentos quantitativos com gases, determinando suas densidades em relação ao ar.²¹

Em resumo, no século XVIII foram descobertos e redescobertos alguns gases e todos os descobridores permaneceram fieis à teoria do flogisto para desenvolver seus trabalhos e obter estes resultados.

Haviam ainda outros pesquisadores, que desenvolveram seus estudos não acreditando na teoria do flogisto, mas em um “alimento do fogo” que ocuparia

²⁰ Ibid.

²¹ Ibid., 630-646.

praticamente o lugar do flogístico. Para eles, o ar teria um papel puramente mecânico na combustão.

Segundo Magalhães e Costa²², houve muito trabalho diante das instabilidades e complexidades da teoria do flogisto, “na tentativa de manter uma teoria universalmente aceita e de fácil utilização, os químicos foram-na alterando de tal modo que, a certa altura, se poderia dizer que, a única afinidade entre eles era o termo flogisto.”

A ascensão de Lavoisier

Fara traz em seu trabalho uma importante discussão sobre escrever a história da ciência, nas palavras da autora,

estranhamente, talvez, os historiadores podem relatar de maneira diferente os mesmos acontecimentos ou períodos históricos porque apesar de apoiados em fatos, não eliminam a criatividade ao escrever. Para descobrir o que realmente aconteceu, eles constroem uma narrativa como um enredo, com início e fim, e prestam muita atenção a momentos decisivos como a vitória em uma batalha (...) assim como escritores retratam um mundo imaginário, historiadores conferem uma estrutura à continuidade do passado histórico. E, querendo atrair os leitores para sua versão dos eventos – para sua história particular – eles se concentram em personagens-chave, que às vezes desenvolvem o status de heróis.²³

Por isso, deve ser em mente que ao mesmo tempo em que ocorria a ascensão de Lavoisier na França, eram desenvolvidos inúmeros estudos de química em diferentes países cujas principais preocupações estavam centradas nos estudos sobre as transformações químicas, dissoluções, afinidades e proporções e não necessariamente na teoria do flogisto, segundo Mocellin,

²² Beatriz L. A. Magalhães & Ana M. A. Costa, “O Flogístico na Gênese das Teorias de Lavoisier,” *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química. Bicentenário* 53 (1994): 11, <http://www.spq.pt/> (acessado em 10 de janeiro de 2018).

²³ Fara, 214-222.

se retrospectivamente a história da química viu na teoria do flogístico aquilo que identificava uma química pré-lavoiseriana, isso resulta mais de uma reconstrução do passado em função das controvérsias que a historiografia elegeu como importantes do que a realidade conceitual da química ao longo do século XVIII. Neste período, o flogístico era considerado um corpo químico como outro qualquer, presente na famosa Tabela de relações de Etienne-François Geoffroy, e que podia tomar parte daquilo que realmente caracterizava o território epistêmico da química das Luzes, ou seja, o flogístico, como outros princípios resultantes da análise química, entrava na composição dos *mixtos*.²⁴

Por isso, podemos afirmar que a ascensão e sucesso de Lavoisier é relativa e está diretamente ligada a forma como ele planejou, divulgou e convenceu pessoas ilustres da França sobre a importância de seu trabalho. “As narrativas heroicas dizem que Lavoisier criou sozinho a química moderna, versões mais realistas o descrevem como um dos que transformaram a arte alquímica em uma disciplina científica, a partir da transformação das técnicas de seus antecessores”²⁵.

Bell²⁶ descreve que na França do século XVIII o apoio financeiro a ciência era escasso e os cientistas deveriam arcar com seus próprios programas de pesquisa. Devido a este fator, Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), simpatizante da química, membro da alta sociedade francesa, advogado e cobrador de impostos²⁷ desempenha trabalhos de caráter imediato como os projetos de iluminação das ruas de Paris em 1764.

Desenvolvendo estudos sobre a iluminação, e fazendo experimentos com salitre e pólvora, Lavoisier observou o aumento do peso do fósforo, enxofre e metais após aquecimento, neste momento o aumento do peso era atribuído a uma quantidade significativa de flogisto (ar fixado) durante a combustão e que se combinava com os vapores.

A partir de 1774, os experimentos feitos por Lavoisier voltavam-se para as reações de combustão/calцинаção dos metais e suas peculiaridades. Estes

²⁴ Ronei C. Mocellin, “Louis-Bernard Guyton de Morveau e a Revolução Química das Luzes,” *Scientiae Studia* 10, nº 4 (2012): 741, http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-31662012000400006&script=sci_arttext&tlng=es (acessado em 28 de setembro de 2018).

²⁵ Fara, 214-222.

²⁶ Madison S. Bell, *Lavoisier no Ano Um: Nascimento de uma Nova Ciência numa Era de Revolução* (São Paulo: Companhia das Letras, 2007).

²⁷ Carlos. A. L. Filgueiras, *Lavoisier: O estabelecimento da Química Moderna* (São Paulo: Odysseus Editora, 2007),

experimentos eram influenciados pelos seus primeiros mestres e por outros estudiosos com os quais Lavoisier manteve contato por meio de cartas.

Há registros de que Lavoisier estudou a teoria do flogisto com mestres franceses,

após concluir seus estudos no Collège Mazarin, Lavoisier assistiu a uma série de cursos de química no Jardin du Roi ministrados pelo famoso Guillaume-François Rouelle [...] A química de Rouelle era atual, o que na década de 1760 significava que se baseava em grande parte nas teorias do protoquímico alemão Georg Ernst Stahl²⁸.

O interesse na teoria do flogisto provavelmente vinha da complexidade das explicações para os fenômenos observados. Como vimos na seção anterior, para Stahl, o flogisto era ingrediente material sobre o qual agia o fogo, ou seja a “matéria de fogo”; para Rouelle, principal seguidor de Stahl professor de Lavoisier, fogo e flogisto eram similares, para Scheele seu correspondente o ar de fogo era observado na decomposição do carbonato de prata e para Priestley com quem também mantinha contato, as máquinas pneumáticas eram capazes de separar os ares flogisticados e desflogisticados.

Em uma de suas memórias a academia Lavoisier compara o flogisto a Proteu²⁹, escrevendo que,

os químicos fazem do flogisto um princípio que se encaixa em todas as explicações onde queremos ir, este princípio é, por vezes pesado em outras vezes não. Às vezes é fogo que combina com o elemento terra; às vezes possui poros e por vezes é impenetrável; explica o cáustico e o não cáustico, às cores e a ausência de cor. É um verdadeiro Proteu que muda de forma à cada momento³⁰.

²⁸ Bell, 39.

²⁹ Proteu é uma figura da mitologia grega com a dupla capacidade de prever o futuro e de mudar de forma, com a intenção de assustar ou afastar quem o interpelava.

³⁰ Antoine. L. Lavoisier, “Refléxions sur le Phlogistique: Sur la Combustion,” in *Oeuvres II* (Paris: Imprimerie Impériale, 1777), 623-624, (tradução livre).

Diante da complexidade e da inconstância das suposições da química, Lavoisier motiva-se em tornar suas explicações mais didáticas, claras e exatas, uma vez que a própria teoria do flogisto e a possibilidade do “aumento de peso de uma substância que supostamente perdera flogisto violava o princípio da conservação da matéria que Lavoisier considerava absolutamente axiomático”³¹.

Segundo Bell³², embora se costume atribuir a Lavoisier a autoria do princípio de conservação da matéria, outros como Anaxágoras (450 a.C.) e Francis Bacon (1653) já haviam concebido tal ideia, contudo foi Lavoisier a partir do experimento de destilação da água³³ quem empregou o princípio de forma bem mais rigorosa e sistemática que qualquer um antes dele. Especula-se também que o uso deste princípio por Lavoisier era natural pois baseava-se em questões contábeis, como a necessidade de igualdade entre o valor da mercadoria vendida e o valor recebido ao final de um dia de trabalho.

Somente em 1789 Lavoisier publica o princípio de conservação da matéria em um capítulo sobre a fermentação vinosa do *Tratado Elementar de Química* no qual diz

podemos formular como axioma incontestável que, em todas as operações da arte e natureza, nada se cria: uma quantidade igual de matéria existe antes e após o experimento; a qualidade e quantidade dos elementos permanece igual; e nada ocorre além de mudanças e modificações na combinação desses elementos. Deste princípio depende toda a arte de realizar experimentos químicos³⁴.

Ocupado com as investigações da teoria do flogisto, Lavoisier afirmou que a combustão e a calcinação eram fenômenos similares e que ambas implicavam na fixação do ar.

O experimento que levou a esta conclusão foi replicado por Lavoisier, Priestley e Scheele. Conversando com Priestley sobre os fenômenos observados durante o experimento de calcinação de mercúrio, que ambos fizeram, Lavoisier identifica como seu produto, o ar puro, que aumentava consideravelmente o tamanho de uma chama

³¹ Bell, 61.

³² Ibid., 62-70.

³³ Neste experimento Lavoisier aqueceu água em um pelicano durante 100 dias e observou que a massa do sistema permaneceu constante.

³⁴ Lavoisier, *Tratado Elementar de Química* (São Paulo: Madras, 2007), 89.

quando submetida a teste, este mesmo ar e propriedades foram observadas pelo seu colega que o nomeou de ar desflogisticado.

Em linhas gerais o procedimento de calcinação de mercúrio era feito mediante a pesagem e aquecimento de mercúrio em uma retorta acoplada a uma cuba de recolhimento de gás como a mostrada na figura 1, retirada da prancha IV do *Tratado Elementar de Química*.

Ao longo do aquecimento podia-se observar a formação de pequenos grãos avermelhados de mercúrio e a diminuição gradual do volume do gás contido na cuba.³⁵

No final do experimento a pesagem do produto obtido comprovava um aumento na massa de mercúrio e diminuição significativa do ar, concluindo, portanto, que a combustão não ocorria devido à presença de flogisto mas devido a reação entre os metais, ou qualquer matéria combustível, com um elemento presente no ar.

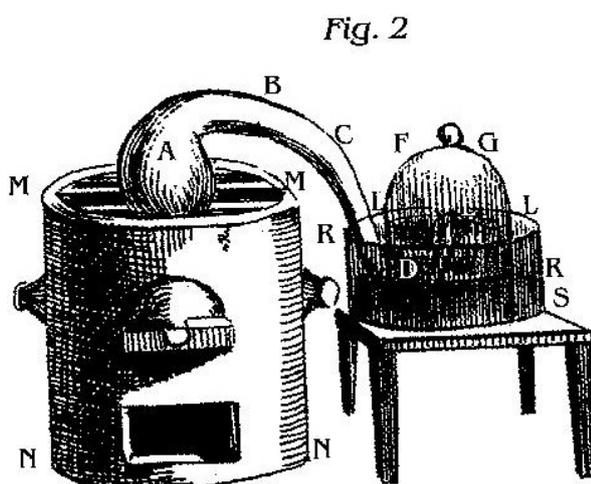


Figura 1: Ilustração de aparato usado para a realização do experimento de calcinação de mercúrio³⁶

Outros experimentos ainda foram feitos para aplicar balanceamento entre as massas de reagente e produtos, chegando à conclusão que os fluidos elásticos formados na reação originavam-se da decomposição de uma parte “mais pura do ar comum” presente em ácidos dos derivados de nitrogênio, enxofre e fósforo.

O ano de 1777 foi muito auspicioso para as publicações de Lavoisier, ele publicou *Sobre a combustão em geral* e *Reflexões sobre o flogisto*. Em *Sobre a combustão geral*, ele propôs para a comunidade científica uma teoria que permitia explicar todos os fenômenos da combustão, calcinação e sobre a respiração dos

³⁵ Ibid., 43-49.

³⁶ Fonte: Lavoisier, *Tratado Elementar de Química*, 381, Prancha IV, figura 2.

animais sem a necessidade de supor que existia uma matéria do fogo (o flogisto) que compunha todas as matérias combustíveis.

Diz Lavoisier,

o princípio que se combina com os metais durante a calcinação, que aumenta seu peso, e que é um constituinte da *calx*, não é nada mais do que a parte mais salubre e mais pura do ar; de tal modo que se o ar, depois de ter reagido com os metais, é novamente liberado, ele emerge como em condição eminentemente respirável, mais adequado do que o ar atmosférico para sustentar a ignição e a combustão³⁷.

Esta ideia é refinada em *Reflexões sobre o flogisto*, no qual ele propõe o fim desta teoria, nas palavras de Lavoisier,

se tudo se explora em Química de uma maneira satisfatória sem a ajuda do flogisto, só por isso é infinitamente provável que esse princípio não exista, que seja um ser hipotético, uma suposição gratuita. Uma opinião que vejo como um erro funesto à Química, e que me parece ter retardado consideravelmente os progressos (desta) pela maneira equivocada de filosofar que ela introduziu. Rogo-lhes, meus leitores [...] despojarem-se tanto quanto possível, de todo preconceito. Verem nos fatos apenas o que lhes apresentam, banirem aos tempos anteriores a Stahl, esquecerem-se por um momento, se possível, de que sua teoria existiu.³⁸

Este trecho parece compor uma campanha publicitária, que tenta convencer o leitor de que o homem que a escreve porta a verdade comprovada cientificamente por meio de experimentos, porém sabemos que

³⁷ Lavoisier, "Refléxions sur le Phlogistique: Sur la Combustion," in *Oeuvres II* (Paris: Imprimerie Impériale, 1777), citado e traduzido em Juergen H. Maar, *História da Química*, vol.1 (Florianópolis: Conceito Editorial, 2008), 775.

³⁸ Lavoisier, "Refléxions sur le Phlogistique: Sur la Combustion," *Oeuvres II* (Paris: Imprimerie Impériale, 1777), citado e traduzido em Ana M. Alfonso-Goldfarb, *Da Alquimia à Química* (São Paulo: Nova Stella, 1987), 23.

não houve um único responsável nem momento crucial; a mudança ocorreu gradualmente. Quanto mais se estuda a Revolução Química, mais difícil de entender ela se torna. Quanto mais informações são consideradas, menos importante cada episódio parece. Quanto mais a fundo se analisa o herói, menos extraordinário seu comportamento³⁹.

As revoluções científicas, “nos são tão familiares, que se assemelham a episódios reais com começo e fim bem definidos, mas – como nos mostra a Química – as revoluções científicas têm definições tão nebulosas, que os historiadores às vezes as deixam de fora”⁴⁰.

Talvez afetado pelos holofotes da “fama” de revolucionário, Lavoisier ainda neste ano assume o compromisso de reformar e aperfeiçoar a nomenclatura da química francesa assim como Laplace, Bertholet, Fourcroy e Guyton de Morveau.

É interessante destacar que neste período, “Guyton de Morveau foi nomeado responsável de uma nova empreitada enciclopédica dirigida por Panckoucke (...) que tinha por tarefa descrever com precisão o estágio de desenvolvimento do conhecimento químico da época”⁴¹, em colaboração com a comunidade química foram publicados 6 tomos do *Dicionário de Química da Enciclopédia Metódica* no período de 1786 a 1815. Há registros de que o primeiro tomo começou a ser redigido em 1782 e que durante a escrita Lavoisier fez uma colaboração com Morveau na qual ambos selaram um acordo sobre as afinidades envolvidas na combustão do fósforo e do enxofre.

Mesmo ciente do trabalho que vinha sendo desenvolvido pela comunidade química no que diz respeito a nova sistematização da nomenclatura, em 1789, Lavoisier publica o *Tratado Elementar de Química* no qual traz a sistematização do conhecimento químico com base na observação e na experiência dos fatos com o intuito de proporcionar a seus leitores a possibilidade de se conhecer verdadeiramente as leis da natureza. Ele salienta ainda que nesta obra não havia referência a seus predecessores e que

³⁹ Fara, 220.

⁴⁰ Ibid., 221.

⁴¹ Mocellin, 743.

nem sempre fiz justiça aos meus confrades, ainda menos aos químicos estrangeiros, o que era a minha intenção, mas rogo ao leitor que considere que, acumulando citações em uma obra elementar, nos entregaríamos a longas discussões sobre o histórico da ciência e sobre aqueles que nela trabalharam e perderíamos de vista o verdadeiro objetivo a que nos propusemos, o que resultaria em uma obra de leitura completamente fastidiosa para os principiantes. Não é nem a história da ciência nem a do espírito humano que se deve fazer em um tratado elementar; nele só se devem procurar a facilidade e a clareza. (...) Os químicos perceberão facilmente, diga-se de passagem, que usei na primeira parte apenas experiências de minha autoria. Se algumas vezes puderam espapar-me adotar, sem citá-las, as experiências ou as opiniões dos senhores, Bertholet, Fourcroy, de la Place, Monge daqueles que em geral adotaram os mesmos princípios que eu, é que o hábito de vivermos juntos, de comunicarmos as ideias, observações, maneira de ver, estabeleceu entre nós uma forte comunidade de opiniões em que nos é amiúde difícil a nós mesmos distinguir o que pertence mais particularmente a cada um de nós.⁴²

Na primeira parte do *“Tratado Elementar de Química”*, Lavoisier descreve seu estudo sobre o calórico denominando-o como “matéria do fogo”, claramente com influência de flogistas como Black e Cavendish, define o calórico como um fluido elástico e dá a ele a responsabilidade por afastar as moléculas de modo a explicar a existência dos estados sólidos, líquidos e gasosos.

Essa substância, qualquer que seja, é a causa do calor; sendo o efeito da acumulação dessa substância, não se pode, em uma linguagem rigorosa, designá-la pelo nome de calor porque a mesma denominação não deve exprimir a causa e o efeito. (...) Em consequência, designamos a causa do calor, o fluido eminentemente elástico que a produz, pelo nome de calórico. Independente de essa expressão realizar o nosso objetivo no sistema que adotamos, ela tem outra vantagem a de adaptar-se a todos os tipos de opinião. Já que,

⁴² Lavoisier, *Tratado Elementar de Química*, 24.

rigorosamente falando, não somos de modo algum obrigados a supor que o calórico seja uma matéria real: ele basta, como se perceberá melhor pela leitura do que vi seguir, que isso seja uma causa repulsiva qualquer que afasta as moléculas da matéria e se pode, assim, vislumbrar os seus efeitos de maneira abstrata e matemática.⁴³

Lavoisier prossegue em seu discurso dizendo que o calórico é uma matéria sutil que penetra pelos poros de qualquer substância e é difícil de ser captado. Para Bensaude-Vincent e Stengers⁴⁴, Lavoisier não tem vitória sobre a teoria do flogisto mas sim muda a interpretação de suas experiências.

É preciso antes de mais reconhecer que naquela data Lavoisier não derrubou verdadeiramente, mas antes substituiu, o flogisto do combustível pelo ar, sob a forma do calórico, ou matéria do fogo. É uma simples inversão do esquema da combustão: em lugar de uma desunião libertando o flogisto, uma combinação com uma parte do ar liberta a matéria do fogo.⁴⁵

Ele segue em seu Tratado colocando como ator principal o calórico ou a matéria de fogo, que confere expansibilidade às substâncias. Segundo a interpretação de Bensaude-Vincent e Stengers Lavoisier não abandona a ficção uma vez que “O calórico fornece igualmente uma peça mestra na batalha contra o flogisto porque permite a Lavoisier explicar a produção de calor ou de luz na combustão: a união com o oxigênio liberta o calórico que lhe estava unido no estado aeriforme”⁴⁶.

É como se a diferença estivesse ligada ao local, enquanto o flogístico supostamente se encontrava em sólidos, a matéria de fogo se encontrava no ar, combinando-se com qualquer substância para aumentar sua elasticidade e assim transformá-las quanto a seus estados físicos. Esta modificação,

eliminou a proposição difícil de que objetos inflamados ou em processo de calcinação ganhavam peso ao mesmo tempo que perdiam flogístico.

⁴³ Ibid., 30.

⁴⁴ Bensaude-Vincent & Stengers, 125-126.

⁴⁵ Ibid., 125.

⁴⁶ Ibid., 127.

Em seu lugar postulou que a combustão e a calcinação envolviam a fixação da “base de ar puro”. Lavoisier estava ciente, porém de que as provas desses aspectos de sua teoria em evolução ainda eram poucas.

47

Para finalizar nosso episódio histórico é importante salientar que os trabalhos de Lavoisier não convenceram toda a comunidade científica da época de maneira que alguns dos cientistas permaneceram crentes na teoria do flogisto até o fim de suas vidas e que a teoria da matéria de fogo (calórico) de Lavoisier foi no século XIX substituída com a ascensão de estudos sobre termodinâmica, por isso os manuais da atualidade pouco dão importância para esse episódio histórico atribuindo mais significado a “lei de conservação de massas de Lavoisier” que em sua essência era tratada pelo próprio como axioma.

Em suma, deve se ter em mente que

a divisão do passado em revoluções tem suas vantagens, pois dramatiza a História e fornece indicações convenientes das principais tendências do passado. Às vezes, no entanto, a intenção é estabelecer a diferença entre o período atual e um período anterior e supostamente inferior (...) A Revolução Científica só começou a ser citada nos relatos do passado depois da Segunda Guerra Mundial, quando historiadores otimistas (e pouco realistas) previram que a ciência representaria uma fé universal e secular a unir o mundo. O conceito de mudança revolucionária tem implicações filosóficas e históricas. Muita gente equipara o conhecimento científico à Verdade Absoluta, considerando a ciência cumulativa e progressiva (...) Em modelos revolucionários, porém, a ciência muda eventualmente, em guinadas repentinas, e o conhecimento prévio é ignorado (...) As revoluções atualmente estão fora de moda no meio acadêmico, embora os estudiosos considerem difícil abandonar uma forma tão conveniente e familiar de estruturar o passado.⁴⁸

Análise do exposto sob a luz da filosofia da ciência

⁴⁷ Bell, 107-108.

⁴⁸ Fara, 221-222.

Quando se olha para um episódio histórico deve-se olhar também para a filosofia pela qual seus personagens estiveram influenciados pois “a filosofia da ciência sem a histórica da ciência é vazia, a história da ciência sem a filosofia é cega”⁴⁹. Vejamos, portanto, a filosofia por trás dos flogistas e de Lavoisier.

Houveram no final da Idade Média e início da Renascença contingências muito particulares que provocaram uma mudança de pensamento do homem em relação a natureza, o homem foi transformado em um observador ou manipulador do gigantesco mecanismo do universo de maneira que a mística e a magia da alquimia foram abandonadas.

Francis Bacon (1561-1629) foi um dos filósofos naturais que buscou o rompimento com as ideias dos alquimistas propondo maneiras não místicas de se interpretar os fenômenos.

Em sua obra “*Novum Organum*” ele escreve aforismos que definem a ciência como um caminho da verdade contida no livro da natureza, percorrer e entender o caminho depende da observação e de experiências para a formulação de teses e hipóteses que mais tarde darão origem a generalizações e leis. Nas palavras do autor,

na verdade, os sentidos, por si mesmo, são algo débil e enganador, nem mesmo os instrumentos destinados a ampliá-los e aguçá-los são de grande valia. E toda verdadeira interpretação da natureza se cumpre com instancia e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa.⁵⁰

Ele continua sua obra em defesa da experimentação como forma de desvendar e conhecer a verdade das ciências. Para ele, com a ciência, “pretendemos deduzir das obras e experimentos as causas e os axiomas e depois, das causas e princípios, novas obras e experimentos, como cumpre aos legítimos interpretes da natureza”⁵¹, pois “tudo que é digno de existir é digno de ciência, que é a imagem da realidade”⁵².

⁴⁹ Imre Lakatos, “History of Science and its Rational Reconstructions,” in *Scientific Revolutions*, org. I. Hacking, 30-56 (Hong-Kong: Oxford University, 1983).

⁵⁰ Francis Bacon, *Novum Organum, ou Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza: Nova Atlântida*, 4ª ed. (São Paulo: Nova Cultural, 1988), 26.

⁵¹ *Ibid.*, 76.

⁵² *Ibid.*, 79.

O próprio Bacon deu início as investigações e experimentos mentais sobre a natureza do calor, como exemplifica Laidler:

Um bom exemplo de método indutivo de Bacon de chegar a princípios gerais é o procedimento para a descoberta da natureza do calor. Ele elaborou uma lista de exemplos de produção de calor, e, em seguida, uma lista de situações em que o calor não é produzido. Ele, então, eliminou os fatores que eram comuns às suas duas listas, e, finalmente, decidiu pela única conclusão restante, que o calor seria uma forma de movimento das partículas constituintes. Ele estava à frente de seu tempo em chegar a essa conclusão, Boyle e Newton aceitaram, mas ao longo de um século mais tarde, Joseph Black, Antoine Lavoisier e muitos outros pensaram que calor era uma substância⁵³.

A busca por evidências empíricas dominou o século XVII, porém, como ainda não havia uma teoria para a estrutura da matéria aceita de maneira unânime pelos cientistas várias explicações surgiam para os mesmos fenômenos, como observamos nas ideias dos cientistas adeptos a teoria do flogisto.

Quando se olha para o século XVIII destacam-se múltiplas e intensas atividades experimentais. Devido a rigorosidade do empirismo e do método científico muitas novas substâncias foram descobertas, além de atribuir-se novas propriedades às antigas, havendo também o desenvolvimento de novos procedimentos e equipamentos de laboratório para refinar os métodos de obtenção e purificação de substâncias.

Ao analisar algumas obras da época, Prestes⁵⁴ salienta que o observador/experimentador do século XVIII tinha o papel de: manipular o observado para melhor desvelar os segredos nele contidos, estudar a respeito daquilo que se queria observar/experimentar para assim nortear melhor as observações, ser persistente, seguir uma ordem pré definida de passos a serem observados para melhor exatidão,

⁵³ Keith J. Laidler, *The World of Physical Chemistry* (London: Oxford University Press, 1993), 56-57.

⁵⁴ Maria E. B. Prestes, "A Arte de Observar e Fazer Experiências," in *O Saber Fazer e Seus Muitos Saberes: Experimento, Experiências e Experimentações*, org. Ana M. Alfonso-Goldfarb & Maria Helena R. Beltran, 227-252 (São Paulo: Livraria da Física; Educ; Fapesp, 2006).

fazer muitas repetições, controlar as variáveis e sempre tomar nota das observações para posteriores comparações.

Exemplo desta preocupação pode ser lido no *Discurso Preliminar do Tratado Elementar de Química* no qual Lavoisier, influenciado pelas obras de Bacon e Condillac, afirma a necessidade de reformar e aperfeiçoar a nomenclatura química de maneira a torná-la universal, já que para ele,

não se pode melhorar a linguagem sem aperfeiçoar a ciência nem a ciência sem a linguagem, e que por mais certos que fossem os fatos, por mais justas que fossem as ideias geradas, elas ainda só transmitiriam impressões falsas, se não tivéssemos expressões exatas para designá-los⁵⁵.

Além da necessidade de uma linguagem exata e particular para falar sobre ciência, Lavoisier ainda fala sobre o ensino desta ciência, comparando os novatos a crianças,

quando iniciamos o estudo de qualquer Ciência, estamos, em relação a essa Ciência, na situação semelhante à das crianças; e o caminho pelo qual temos que avançar é exatamente o mesmo que a natureza segue na elaboração de suas ideias. Numa criança a ideia é meramente o efeito produzido pela sensação; e, da mesma maneira, ao se iniciar o estudo de uma ciência física, não devemos formar ideia alguma, mas sim formar aquilo que é uma consequência direta e efeito imediato de um experimento de observação⁵⁶.

Ele salienta ainda que os novatos facilmente são ludibriados e desviados dos objetivos reais, assim coloca que a única maneira de prevenir as armadilhas da “inocência” é

colocá-lo continuamente à prova da experiência; em só conservar os fatos que são dados pela natureza e não nos podem enganar; em só

⁵⁵ Lavoisier. *Tratado Elementar de Química*, 17.

⁵⁶ *Ibid*, 18.

procurar a verdade no encadeamento natural das experiências e das observações da mesma maneira que os matemáticos chegam a solução de um problema – pelo simples arranjo dos dados, e reduzindo o raciocínio a operação tão simples, a julgamentos tão curtos, que não perdem nunca de vista a evidência que lhes serve de guia⁵⁷.

O autor ainda reforça que para a formação de um químico seriam necessários pelo menos três anos, pois o primeiro ano serviria apenas para se iniciar os estudos e para a familiarização dos nomes e técnicas necessárias para se colocar os fenômenos observados a prova da experiência, que seria repetida exaustivamente nos anos seguintes.

Ao finalizar o Discurso Preliminar, Lavoisier ainda lembra que no *Tratado* ele deixou de lado os aspectos anteriores da química, pois prezava pela facilidade e pela clareza obtidas, segundo a opinião dele, somente por meio do abandono das longas discussões sobre o histórico da ciência e seus precursores, poder-se-ia seguir o novo caminho e refazer o entendimento humano proposto por Bacon⁵⁸.

A difusão da nova Química, causou a objetivação e o avanço em estudos de fenômenos. De forma que,

a especificidade dos fatos estudados pela Química a partir do século XIX cria metodologias específicas cada vez mais restritivas, e embora a grande expansão do conhecimento científico se deva ao cultivo de especialidades, chegou a hora de nova integração através da Filosofia da Ciência (da Química) e da História da Ciência (da Química)⁵⁹.

Prado, salienta que “como consequência desta tamanha objetivação, perderam-se os estudos de História e Filosofia da Ciência, que nos dias atuais estão sendo resgatados em tentativas ainda que tímidas, pontuais ao Ensino de Ciências”⁶⁰.

⁵⁷ Ibid., 18-9.

⁵⁸ Ibid., 18-26.

⁵⁹ Maar, 802.

⁶⁰ Letícia do Prado, “Pressupostos Epistemológicos e a Experimentação no Ensino de Química: O Caso Lavoisier,” (dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2015), 106.

Assim, mesmo cientes das limitações e das contribuições positivas de Lavoisier à química não se pode reduzir seu trabalho a uma vitória sobre a ciência empírica, mecanicista ou racionalista, pois,

a difusão da nova nomenclatura química para além das fronteiras francesas demonstra que os químicos estrangeiros tenderam a adotar essa nomenclatura, mas não os fundamentos filosóficos defendidos por Lavoisier (...) Parece-nos, assim, que o sucesso da nova nomenclatura química deveu-se, sem dúvida, por ela fundar-se em uma convincente teoria da composição química, mas somente conquistou a república dos químicos graças à técnica binomial, ao convencionalismo linguístico e ao espírito enciclopédico de Guyton de Morveau.⁶¹

Lavoisier: o pai da química ou do individualismo científico?

Até onde a história da ciência se deixa interpretar, podemos argumentar que a boa condição econômica, cultural e social de Lavoisier o colocou no topo da lista de influenciadores do século XVIII, já que nesta época as academias de ciências não financiavam as pesquisas e mesmo assim Lavoisier pode financiar seus inúmeros experimentos e uma obra tão dispendiosa quanto o *Tratado*.

Como vimos, a química acabava de despontar de um passado místico, cuja nomenclatura encontrava-se farta de nomes populares e pouco significativos quanto sua real função, cenário ideal para uma reorganização como os editores da *Enciclopédia Metódica* já estavam planejando e fazendo desde a publicação de *Suplementos* em 1776.⁶²

Lavoisier aplicou inúmeras técnicas de laboratório, muitas herdadas da alquimia, descreveu-as minuciosamente, com a ajuda da esposa e de alunos, e as replicou com seus instrumentos finamente calibrados, fabricados por encomenda por habilidosos artesãos franceses, e ousou não fazer referência a seus antecessores ou colaboradores, sugeriu “sozinho” novas explicações para as velhas teorias. Ao publicar o *Tratado Elementar de Química*, trouxe a comunidade novas reformulações da

⁶¹ Mocellin, 753.

⁶² Ibid., 742.

nomenclatura química, a nova teoria da combustão e um alerta sobre as necessidades do Ensino da Química como ciência particular dissociado da história da ciência.

O *Tratado Elementar de Química* foi uma das obras de referência da química francesa, escola que acolheu e formou um vasto número de pesquisadores, por todo mundo. Reflexo desta formação está na recorrente afirmação de que Lavoisier foi quem definiu a química como ciência particular e que ele pode até mesmo ser considerado o “pai” da química moderna.

É justamente este o ponto do qual queremos partir, se entrarmos no mais famoso site de busca da atualidade e digitarmos “*Quem é o pai da química?*” em menos de meio segundo teremos mais de um milhão de resultados que nos levarão a afirmação replicada de que a paternidade fictícia da química é conferida a Lavoisier.

Saindo da informalidade de sites de busca de baixa confiabilidade e partindo para os materiais didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é comum encontrar às margens de seus textos lindas pinturas de Lavoisier em seu laboratório junto a descrição “Lavoisier o pai da química” ou então encontrar experimentos que fazem uso da queima de palha de aço para verificar a “Lei da Conservação de Massas de Lavoisier, o pai da química” como visto na pesquisa de Prado e Carneiro⁶³.

Nota-se, portanto, que este personagem da história da química é lembrado sob uma perspectiva de pompa um tanto equivocada uma vez que seus principais comentadores colocam seu trabalho como uma reorganização de ideias já publicadas ou uma compilação cuja referência não foi por ele citada em sua íntegra.

Por este motivo defendemos o uso de fontes primárias e comentadores com diferentes visões sobre a historiografia do período estudado para a divulgação e entendimento sobre história e filosofia nas ciências, na tentativa de suprimir as equivocadas e anedóticas histórias incansavelmente repetidas em sites e em materiais didáticos.

Em defesa da criação de interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química.

⁶³ Letícia do Prado & Marcelo C. Carneiro, “O Trabalho Experimental de Lavoisier Presente nos Livros Didáticos de Química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (2012-2014),” in *Anais do V Congresso Brasileiro de Educação* (Bauru: FC/Departamento de Psicologia, 2015), 1-10, http://www2.fc.unesp.br/cbe/files/anais_V_CBE.pdf (acessado em 01 de abril de 2018).

Os estudos em História e Filosofia da Ciência são abrangentes, pode-se eleger um personagem ou episódio histórico e estudar uma teoria em particular, a mudança de pensamento dos cientistas, os experimentos usados ou até mesmo como a experimentação era vista naquele determinado espaço e tempo histórico que se quer estudar.

Observamos durante nossa pesquisa a existência de um abismo entre os pesquisadores e as pesquisas em História e Filosofia das Ciências e os pesquisadores e pesquisas em Ensino de Química, abismos estes que parecem não ser tão profundos uma vez que a distância que os separam talvez possam ser exprimidas nos metros que separam os departamentos de história e filosofia dos departamentos de educação e química, limitando a interação e a colaboração entre estes profissionais.

O período que usamos neste trabalho é relativamente longo, quisemos em poucas linhas apresentar o pensamento da química em dois séculos e por isso entendemos que muita informação poderia ser adicionada a cada um dos cientistas citados, porém nosso foco era a desmistificação do trabalho de Lavoisier, mostrando que não houve uma genialidade suprema, ou o descobrimento do *ar mais puro que o ar comum* ou do *calórico*, uma vez que outros já haviam feito as mesmas observações em seus experimentos e que talvez publicar parte da reorganização de uma ciência já consolidada não seja motivo suficiente para receber a honra de sua “paternidade” tendo em vista que outros químicos publicaram uma reorganização bem mais complexa nos anos seguintes.

Deste episódio também foi possível extrair breves estudos sobre a filosofia de Francis Bacon, cujos escritos influenciaram a maneira como a química foi construída naquele período no qual era dada suma importância para a rigurosidade do método científico e da experimentação.

Devido a esta rigurosidade científica, as publicações destes cientistas não continham relatos sobre os mecanismos usados para contornar e reduzir os erros que certamente existiram em suas práticas e análises, tanto que Lavoisier escreve um Tratado, que tem por função trazer algo definitivo como o próprio nome sugere.

Como consequência, uma análise superficial este período sugere uma ciência perfeita, neutra, a-histórica, cumulativa, linear, cujos gênios eram responsáveis pelas grandes descobertas feitas em seus laboratórios e é justamente este tipo de abordagem que a HFC se opõe, uma vez que há de se ter em mente as peculiaridades,

limitações e características, de cada período histórico, de forma que se entenda que não há um grau de superioridade entre eles.

Insistir nessa soberania de cientistas isolados e superdotados tende a desmotivar os estudantes, principalmente os que possuem maiores dificuldades. O trabalho de Amaral e Mortimer⁶⁴ demonstram que ainda há muitos obstáculos epistemológicos acerca dos conceitos de calor e temperatura e sua estreita relação com o fogo e a combustão. De acordo com os autores esses são termos com os quais os alunos já estão acostumados em seu cotidiano, mas que não possuem os mesmos significados na linguagem científica, gerando conflitos e obstáculos em sua aprendizagem.

Visões equivocadas, animistas e substancialista impossibilitam que o aluno compreenda, por exemplo, a equivalência entre calor e trabalho mecânico, portanto, transmitir o conteúdo ignorando a existência desses obstáculos fará com que se forme para o estudante uma mistura indistinguível entre conhecimentos cotidianos e científicos. A inserção do contexto histórico no estudo da termoquímica pode tornar o estudante consciente das limitações e utilizações de cada conceito em seu contexto, sendo ele científico ou de senso comum.

Com o estudo apresentado sobre a temática do calor, percebe-se também que é necessário um grande cuidado ao se abordar a HFC no ensino, uma vez que muitos dos livros da área trazem imagens factuais e míticas da história e diversas dessas obras discorrem apenas acerca dos ataques à Teoria do Flogisto e ignoram suas semelhanças com o Calórico subsequente.

Segundo Gil Pérez et al⁶⁵ é grande a limitação trazida por uma educação científica centrada na transmissão de conhecimentos indiscutíveis e fechados, sem mostrar os problemas, progressos e dificuldades que lhe deram origem. Essa visão rígida, neutra e ahistórica, acaba por gerar ou maximizar visões ingênuas que o aluno possui acerca da ciência.

Neste viés, a interface com a disciplina História e Filosofia da Ciência faz-se necessária uma vez que ela pode desconstruir ideias de ciência marcadas pela descontextualização pois ela apresenta um pluralismo de visões acerca da ciência,

⁶⁴ Edenia M. R. Amaral & Eduardo. F. Mortimer, "Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Calor," *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 1, nº 3 (2001): 5-18, <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2357> (acessado em 10 de dezembro de 2017).

⁶⁵ Daniel Gil-Pérez et al., "Para uma Imagem Não Deformada do Trabalho Científico," *Ciência & Educação* 7, nº 2 (2001): 125-153, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf> (acessado em 20 de outubro de 2017).

uma vez que apoia uma formação crítica e humanista tornado explícitos os objetivos da ciência enquanto: visão dinâmica da natureza, valorização e preparação de profissionais autônomos e reflexivos.⁶⁶

Para Castillo e Artega⁶⁷, a HFC no ensino de ciências permitem: recriar situações e vivências, transforma e melhora a compreensão de conceitos pelos alunos, promovem um entendimento das relações de ciência, cultura, ideologias e sociedade, avançam e ajudam na contextualização de saberes além de mostrar a produção do conhecimento científico como algo cheio de obstáculos, dificuldades, erros e acertos.

Desta maneira defendemos o uso da interface Ensino de Química e HFC por meio da formulação de estratégias didáticas e planos de aula que questionem a participação de Lavoisier na química como ciência particular, bem como no ensino de termoquímica com base no episódio que acabamos de apresentar e comentar, de maneira a promover, uma maior compreensão e menor ingenuidade sobre a Natureza da Ciência.

Alinhando assim o material apresentado ao aluno com os Parâmetros Curriculares Nacionais que sugerem que a “História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos”⁶⁸.

⁶⁶ Michael R. Matthews, “História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação,” *Caderno Catarinense do Ensino da Física* 12, nº 3 (1995):164-214, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084> (acessado em 20 de março de 2018); e Augustín Adúriz-Bravo, Mercè Izquierdo i Aymerich, & Anna Estany, “Una Propuesta para Estructurar la Enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el Profesorado de Ciencias en Formación,” *Enseñanza de las Ciencias* 20, nº 3 (2002): 465-476, <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21839> (acessado em 10 de fevereiro de 2018).

⁶⁷ Henry G. C. Castillo & Edwin G. G. Artega, “História de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias: El Caso de la Reacion Química,” *Revista Brasileira de História da Ciência* 7, nº 2 (2014): 298-313, http://www.sbhcc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1963 (acessado em 20 de outubro de 2017).

⁶⁸ Brasil, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (Brasília: MEC, 2000), 31. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> (acessado em 10 de janeiro de 2018).

SOBRE OS AUTORES:

Letícia do Prado

Programa de Pós-graduação em Educação para Ciência - Unesp/Bauru

leticia.prado@fc.unesp.br

Marcelo Carbone Carneiro

Departamento de Ciências Humanas e Diretor da Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação da UNESP

carbone@faac.unesp.br

Artigo recebido em 05 de abril de 2018

Aceito para publicação em 19 de setembro de 2018