

THIAGO LIMA FERREIRA

**O episódio histórico da teoria do flogisto: uma revisão
bibliográfica contemporânea da história e filosofia da
ciência do flogisto no século XVIII**

THIAGO LIMA FERREIRA

O episódio histórico da teoria do flogisto: uma revisão bibliográfica contemporânea da história e filosofia da ciência do flogisto no século XVIII

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências – Unesp/Bauru, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Linha de pesquisa: Filosofia, História e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências.

Orientadora: Luciana Massi

BAURU – S.P.
2023

F383e	Ferreira, Thiago Lima O episódio histórico da teoria do flogisto : uma revisão bibliográfica contemporânea da história e filosofia da ciência do flogisto no século XVIII / Thiago Lima Ferreira. -- Bauru, 2023 93 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru Orientadora: Luciana Massi 1. flogisto. 2. calórico. 3. história. 4. filosofia. 5. Lavoisier. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE THIAGO LIMA FERREIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 15 dias do mês de setembro do ano de 2023, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de THIAGO LIMA FERREIRA, intitulada **O episódio histórico da teoria do flogisto: uma revisão bibliográfica contemporânea da história e filosofia da ciência do flogisto no século XVIII**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Assoc. LUCIANA MASSI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências e Letras - Unesp Araraquara, Prof. Dr. HÉLIO DA SILVA MESSEDER NETO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química Geral e Inorgânica / Universidade Federal da Bahia, Prof. Dr. ETTORE PAREDES ANTUNES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Universidade Federal do Amazonas. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: _ _ _ _ aprovado _ _ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Assoc. LUCIANA MASSI

Documento assinado digitalmente
 LUCIANA MASSI
Data: 15/09/2023 10:43:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

THIAGO LIMA FERREIRA

O episódio histórico da teoria do flogisto: uma revisão bibliográfica contemporânea da história e filosofia da ciência do flogisto no século XVIII

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências – Unesp/Bauru, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência.

Linha de pesquisa: Filosofia, História e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências.

Orientadora: Luciana Massi

Data da defesa: 15/09/2023

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Luciana Massi (Doutora)
Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Letras - Departamento de Educação

Membro Titular: Hélio da Silva Messeder Neto (Doutor)
Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Instituto de Química - Departamento de Química

Membro Titular: Ettore Paredes Antunes (Doutor)
Universidade Federal do Amazonas (UFAM) - Instituto de Ciências Exatas - Departamento de Química

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências (defesa apresentada na modalidade online)
UNESP – Campus de Bauru

Aos meus pais, Tânia e Mauro, que mesmo não tendo a oportunidade de estudar na infância, priorizam a minha educação dando a mim aquilo que tanto sonharam.
Ao meu irmão que sempre foi meu protetor e defensor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Tânia e Mauro, que sempre me deram forças para continuar meus estudos na pós-graduação. Mesmo sendo pessoas humildes e simples, além de terem pouco estudo, não mediram esforços em me apoiar em todas as decisões que tomei. Transformaram o meu sonho no sonho deles. Sempre me proporcionaram o necessário para que eu pudesse realizar cada passo da minha carreira, seja cursando licenciatura em química ou agora, o mestrado. Estiveram do meu lado nas piores situações, não deixando eu desistir da minha carreira e de mim mesmo, acreditando na minha capacidade mesmo quando ninguém mais acreditava, nem eu mesmo. Obrigado por serem a minha base, minha estrutura e tudo o que sou. São as pessoas que mais amo na imensidão e infinitude deste universo.

À minha orientadora, Professora Doutora Luciana Massi, que aceitou me orientar por esses dois anos e meio. Mesmo estando num período pandêmico e cheio de impasses, nunca deixou de estar presente. Foi através de seus ensinamentos que pude conhecer melhor o materialismo histórico-dialético e a pedagogia histórico-crítica, assumindo esses referenciais como minhas visões da realidade. Agradeço por ter sido tão paciente e compreensiva quando estive nas minhas piores fases ao longo desse processo, principalmente quando perdi minha avó para a covid-19. A senhora é e sempre será o espelho de profissional que quero um dia ter o privilégio de ser.

Aos professores doutores membros da banca, Hélio Messeder e Ettore Antunes, por terem se disponibilizado a avaliar minha dissertação e contribuírem com esse episódio tão importante na minha vida acadêmica. Com certeza irei incorporar as inúmeras contribuições histórico-filosóficas não apenas na minha dissertação de mestrado, mas também em estudos posteriores.

Aos meus colegas de grupo de pesquisa, Larissa Cabral, Fernanda Bernardo, Lucas Bombarda, Lucas Nakamura, Bruno Lima, Giovana Valero, Rafaela Valero, Andriel Colturato, Carlos Sérgio, Carlos Moris, Gabriela Agostini e tantos outros que fizeram parte. Todos me acolheram com muito carinho e me ajudaram de diversas formas. Sempre solícitos, gentis, doces e companheiros. Creio que se não fizesse parte de um grupo tão unido, não teria chegado até aqui. Muito provavelmente teria sido um caminho muito mais difícil e doloroso, contudo, vocês foram um perfeito

ombro amigo em toda a minha trajetória. Tenho a plena certeza que serão ótimos profissionais, pois exemplo de seres humanos já são.

Ao cursinho popular Geração NEAR, que muitas vezes foi a minha válvula de escape para problemas pessoais. Participar deste projeto de extensão, mesmo depois de formado, fez com que eu lembrasse toda semana o lugar que mais amo estar ao longo de três anos, que é dentro da sala de aula. Poder ensinar pessoas que vieram do mesmo lugar que eu e almejam um futuro promissor é um dos melhores presentes que pude ter ao longo da minha carreira. A felicidade e satisfação de participar deste cursinho foi muito além do que ensinar química e matemática, afinal, estive ao lado de uma equipe muito unida e engajada com o propósito de um cursinho popular. Em especial, agradeço à coordenação, Vitória Santos, Raissa Carvalho, Carolina Cechella e Alexandre Campos, por terem conduzido tão bem esse projeto. Com certeza uma coordenação tão maravilhosa como essa não haverá.

Em especial, aos meus amigos, já citados, do “mestrado da sofrência”, Fernanda Bernardo, Larissa Cabral e Lucas Bombarda, por terem me suportado nas minhas maiores crises e compartilhar todas as suas dores, assim como eu fiz. Se eu estivesse sozinho, talvez não estaria aqui hoje para contar história. Vocês foram pilares essenciais nesses últimos anos. Sou extremamente grato ao acaso por ter nos unido e transformado em bons amigos que levarei para a eternidade.

À Rafaela Valero (Valerão / Big Valéria) por ter sido uma pessoa tão doce e sábia. Nas minhas crises sempre foi a voz da razão e da sensatez. Nunca esquecerei dos sublimes conselhos dados a mim nas minhas piores fases. O mundo precisa de mais Rafaelas, disso não tenho dúvida.

Ao Andriel Colturato por ter sido um grande amigo e companheiro. Sempre vou lembrar com carinho das vezes que se preocupou em dar pareceres aos meus textos tendo muito cuidado. Além de amigo, te enxergo como um professor pesquisador de exímia excelência.

À Evilim Martinez por ter sido uma das únicas pessoas que mesmo com o fim da graduação, se manteve presente e amiga em todos os momentos. Mesmo passados tantos anos, nunca perdeu sua essência.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Unesp pelo financiamento concedido a mim por intermédio do programa

Unesp Presente - Investimentos do Retorno, inserido no edital Nº
20/2021-PROPG/PROGRAD.

Manifesto Insolúvel

A química é possível assim em versos,
honestos e, portanto, perversos,
imersos no meu pequeno béquer,
em um universo tão controverso?

Isto que faço é química sináptica:
transformar palavras em revolução
escrevendo reações enigmáticas,
na cultura científica de repressão.
Mas envolto por seu jaleco-burqa,
armadura de chumbo dogmática,
tão apática padece a sua expressão
se quer encontro nova inspiração.

Desnudo o quero, químico limitado,
da linguagem numérica, precipitado,
e dentro do seu coração mecânico,
busco o que lhe resta de orgânico.

Para um artista de exatas, afinal,
não existe poesia que seja mais bela
do que o cientista que se desvela
e o átomo que nunca se revela.

Você se mostra inerte a essa paixão,
mas eu vou além da sua aparência
e toco-lhe na essência por baixo do véu
com estas mãos que fazem versos
(LEONARDO JÚNIOR, 2020, p. 64)

RESUMO

O objetivo deste estudo é compreender o desenvolvimento da teoria do flogisto no século XVIII, suas versões reformuladas e os motivos que levaram historiadores e filósofos da química a afirmarem que sua derrubada ocorreu pelo surgimento da teoria do oxigênio e do calórico. Utilizou-se como método de pesquisa a revisão bibliográfica sistemática nos periódicos *Hyle* e *Foundations of Chemistry*, específicos de artigos histórico-filosóficos da química. Ao realizar a seleção de artigos que apresentassem a palavra “flogisto” no título, resumo ou palavras-chaves, obteve-se 13 artigos que foram separados em dois grupos, os que estavam mais atrelados a história do flogisto e os que discutiam aspectos filosóficos dessa entidade. Realizando uma análise do currículo dos autores dos artigos, percebeu-se que a maioria dedica seus estudos à história e filosofia da ciência e da química. Em relação ao flogisto, notou-se a partir dos artigos que houveram diversos desdobramentos científicos desde a sua enunciação, ascensão e derrocada. Contudo, os autores reiteram que as teorias concorrentes não tinham elementos suficientes para substituir essa entidade e caracterizar uma revolução científica. Alguns autores afirmam que essa teoria foi reformulada por vários cientistas, contudo não deram conta de suprimir todas as falhas presentes desde sua primeira versão. Outros autores buscam destacar que o calórico, teoria de Lavoisier que viria substituir o flogisto, tinha o mesmo caráter imaginário, hipotético e metafísico desta última entidade. Para os autores, os programas de pesquisas de Kuhn disputam para ver qual é melhor e qual está em degenerescência, contudo, afirmam que o desenvolvimento científico é mais complexo do que isso, como é o caso do episódio histórico do flogisto.

Palavras – chaves: flogisto; calórico; história; filosofia; Lavoisier.

ABSTRACT

The aim of this study is to understand the development of the phlogiston theory in the 18th century, its reformulated versions and the reasons that led historians and philosophers of chemistry to affirm that its fall occurred in the century due to the theory of oxygen and caloric. A systematic review in the journals *Hyle* and *Foundations of Chemistry*, specific to historical-philosophical articles on chemistry, was used as a research method. When performing the selection of articles that present the word “phlogiston” in the title, abstract or keywords, 13 articles were obtained that were separated into two groups, those that were more linked to the history of phlogiston and those that discuss philosophical aspects of this entities. Carrying out an analysis of the curriculum of the authors of the articles, it is noticed that the majority dedicate their studies to the history and philosophy of science and chemistry. Regarding the phlogiston, it was noted from the articles that there have been several scientific cultivations since its enunciation, rise and fall. However, the authors reiterate that the competing theories did not have enough elements to replace these entities and characterize a scientific revolution. Some authors claim that this theory was reformulated by several scientists, but they did not manage to eliminate all the flaws present since its first version. Other authors seek to highlight that caloric, Lavoisier's theory that would replace phlogiston, had the same imaginary, hypothetical and metaphysical character as the latter entity. For the authors, Kuhn's research programs compete to see which is better and which is in degeneracy, however, they claim that scientific development is more complex than that, as is the case of the historical episode of phlogiston.

Keywords: phlogiston; caloric; history; philosophy; Lavoisier.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	13
INTRODUÇÃO.....	16
Alguns aspectos históricos da teoria do flogisto e sua derrubada.....	21
A revisão bibliográfica.....	24
METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	26
A metodologia de análise de dados.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÕES: SISTEMATIZANDO OS APONTAMENTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS DOS ARTIGOS COLETADOS.....	38
Aspectos históricos da (s) teoria (s) do flogisto: proposta inicial, reformulações e decadência.....	42
Partidários da teoria do flogisto, suas versões desta entidade e suas inconsistências: alguns aspectos históricos.....	51
Posicionamento dos flogistonistas na segunda metade do século XVIII.....	63
Reflexões e considerações de Lavoisier sobre o flogisto.....	66
O flogisto enquanto objeto: aspectos filosóficos.....	71
O flogisto enquanto exemplo: aspectos explicativos.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
REFERÊNCIAS.....	90

APRESENTAÇÃO

Início este texto com uma apresentação pessoal que justifica a relevância deste estudo em minha trajetória acadêmica. Desde criança sempre tive afeição por ciências. Enquanto cursava a quinta série do ensino fundamental, costumava dizer que seria professor de química e de física. Lembro-me que ainda no ensino fundamental minha mãe estava cursando a Educação de Jovens e Adultos (EJA), então, além de ir para as aulas matutinas, também frequentava as aulas noturnas com ela, principalmente quando eram aulas de ciências.

Muitas vezes eu ia para a escola durante o período da tarde para poder ajudar as coordenadoras com atividades burocráticas, como entrega de apostilas, montagem do mural, organização de eventos etc. Ao mesmo tempo que aumentava meu interesse pela ciência, a educação se tornava atrativa para mim. Reconheço que não foram entusiasmos que emergiram do nada, mas são frutos da dedicação dos meus pais quanto à minha educação. Meus pais, mesmo tendo uma infância pautada no trabalho, ao me criar, priorizaram por uma educação que não tiveram. Em nenhum momento ao longo da minha trajetória escolar houve algum tipo de “pressão” para que eu trabalhasse, pelo contrário, sempre motivaram minha busca pelos estudos. Acredito que esse foi um dos motivos que naquela época e hoje em dia mantém meu interesse pela educação.

Com o passar do tempo, cheguei aos anos finais do ensino médio - 2014 e 2015 - e me deparei com o dilema do que fazer quando o ciclo escolar finalizar. Tinha certeza que pretendia ingressar no ensino superior, mas não sabia em qual curso. Já pensei em ser advogado, médico, enfermeiro, biólogo, padre, engenheiro, entre outras profissões. Contudo, mesmo pensando em carreiras completamente diferentes, ainda almejava que o curso tivesse relação com educação. Percebi que a sala de aula era o lugar que gostaria de estar. Sempre admirei muito a docência, observava que essa era a profissão que forma qualquer outra profissão.

Ao mesmo tempo, meu amor pela ciência se tornava mais direcionado. Passei a me interessar mais pela química, afinal, é a disciplina/área que estuda a matéria e a composição de tudo que existe - me dou o direito de utilizar e citar o pensamento que motivou-me a seguir a carreira de químico, mesmo que esse pensamento seja baseado no senso comum de ciência que eu tinha na referida época. Para mim, explorar o mundo faz parte da ciência em geral, contudo, estudar

o que não conseguimos ver me pareceu muito mais interessante. Entender como os átomos se comportam, ligam-se, reagem, rompem-se, etc. Nos anos finais do ensino médio passei a me interessar intensamente pela química. Prestei vestibular na Unesp e em outras universidades no mesmo curso, Licenciatura em Química. Passei em todas as que me inscrevi, mas optei pela Unesp.

Ao mesmo tempo que me encantava pela educação, notei o quanto essa área é fragilizada no Brasil. Percebi que as políticas educacionais sofrem constantes ataques e como isso não é atual. Desde antes dos anos 2000 a educação como um todo passou por diversas problemáticas, como as reestruturações da educação básica e a nova BNCC, ficando isso cada vez mais evidente para mim ao longo do curso de graduação quando cursava as disciplinas pedagógicas. Nesse contexto, conheci a Pedagogia Histórico-Crítica que, dentre outras discussões, oferece subsídios teóricos para essa indignação com a educação contemporânea. Desde então passei a tentar compreender melhor as questões educacionais a partir desse referencial.

Fiz pesquisa em laboratórios de química e defendi um Trabalho de Conclusão de Curso adotando a Pedagogia Histórico-Crítica. Foi aí que percebi que uma pós-graduação em educação iria ser fundamental para a carreira que almejava construir. Em 2021 ingressei no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência sendo orientado pela professora Dra. Luciana Massi. Junto a ela, unimos discussões sobre a química, história e filosofia da ciência, assim, participando de grupos de estudos preocupados em compreender as questões que envolvem o materialismo histórico-dialético e as ciências da natureza e como o marxismo se insere nessas discussões.

Ficamos em dúvida quanto ao meu objeto de análise, porém, percebendo as viradas importantes na minha vida e compreendendo as mudanças que tive durante toda a minha trajetória acadêmica, achei relevante investigar a suposta “*Revolução Química*” que ocorreu no século XVIII. Soma-se a isso um interesse pelo tema do calor, na fronteira entre a química e a física, que nutri ao longo da graduação e que foi ressignificado ao iniciar levantamentos bibliográficos sobre o tema que direcionaram para o flogisto e a “*Revolução Química*”. Segundo alguns autores, trata-se de um momento de grande significado na história da química, pautado

principalmente pela derrubada do flogisto¹. Conforme meus estudos foram avançando a respeito do flogisto, algumas inquietações surgiram. Comecei a me perguntar sobre qual o conceito de matéria para os cientistas daquele contexto e como a ciência avançava nos países europeus que se baseavam na teoria do flogisto.

A partir dessas inquietações, defini uma questão central para direcionar a minha pesquisa de mestrado: quais as compreensões da comunidade científica sobre o flogisto e como a sua natureza hipotética afetou a ciência corpucularista dos flogistonistas e antiflogistonistas do século XVIII? Tendo isso em vista, os objetivos deste estudo serão melhor descritos na seção seguinte.

Após essa breve apresentação pessoal e da pesquisa, indico como essa questão será desenvolvida ao longo deste texto. O segundo capítulo é a introdução, a qual será dividida em subtópicos. Iniciaremos apresentando brevemente o que é a filosofia da química, quais áreas estuda, visando indicar a lacuna que minha pesquisa busca contemplar para essa área e a razão de se estudar a teoria do flogisto para uma compreensão histórico-filosófica da história da ciência e os objetivos deste trabalho. Será descrito um breve histórico sobre a teoria do flogisto e sua derrubada. Faremos essa discussão a partir de textos de historiadores da química para que se compreenda seu conceito e sua influência naquele contexto.

A seção posterior irá apresentar a metodologia de coleta e análise de dados. No primeiro subtópico será descrito como ocorreu a coleta de dados, as bases de dados, a seleção das palavras-chave e os resultados obtidos. O segundo mostrará como irá ocorrer a análise desses dados encontrados a partir da divisão feita em artigos históricos e artigos filosóficos. A seção resultados e discussões apresentará uma análise dos elementos históricos e filosóficos sobre a teoria do flogisto. Por fim, a seção referente às considerações finais sistematiza alguns apontamentos a respeito do que foi analisado na seção anterior e proposições futuras.

¹Alguns historiadores (BENSAUDE-VINCENT, 1996; BENSAUDE-VINCENT; SIMON, 2012; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; DEBUS, 1991) se referem a teoria de Stahl e seus seguidores utilizando o termo flogisto, já outros como Vidal (1986) e Maar (2008) utilizam o termo flogístico. Ambos são sinônimos, contudo, para uma padronização da escrita, todo o texto deste estudo utilizará a primeira.

INTRODUÇÃO

A filosofia da química é um campo muito recente comparado ao momento em que a filosofia da ciência surgiu. Aproximadamente 90 anos separam o surgimento da filosofia da ciência geral da filosofia da química, subárea hoje reconhecida tanto por filósofos da ciência atuais quanto por cientistas químicos. A filosofia, no seu sentido geral, estuda campos como a natureza da realidade, da cognoscibilidade e da legalidade do mundo exterior (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013). Como sugerem Labarca, Bejarano e Eichler (2013), investigar as ciências - abrangendo a química como uma delas - também inclui conceitos filosóficos, como lei, verdade, tempo, hipótese e outros.

Scerri e McIntyre (2008) esclarecem que mesmo com os avanços no campo filosofia da química, estudos com grande qualidade em seu conteúdo não superam a filosofia da física e biologia no quesito quantidade, não convencendo muitos filósofos da legitimidade da química enquanto uma área de interesse da filosofia. Em outras palavras, mesmo já havendo na década de 1990 questionamentos sobre a existência da filosofia da química, muitos especialistas dessa área devem assumir seu caráter inicial ou pré-pragmático, segundo os autores. Daí emerge a necessidade da realização de mais estudos nesse campo da filosofia da ciência.

Os próprios químicos aceitam de maneira implícita pressupostos filosóficos até mesmo sem saber, como se questionar se a realidade existe (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013). Lemes e Porto (2013) ainda pontuam que apesar de muitos autores da própria filosofia da ciência terem definições sobre a natureza da química e como esta funciona, não há um consenso sobre em que esta área da ciência se centraliza de fato. Sendo a filosofia a área responsável por desvelar esses tipos de questões, pode-se entender que os próprios filósofos da química não possuem respostas específicas e consensuais sobre.

Labarca, Bejarano e Eichler (2013) compreendem que para entender o quão profunda é a natureza da química, é necessário o trabalho conjunto de filósofos da química, químicos e historiadores, trabalho esse que já produziu relevantes resultados segundo os autores. Lemes e Porto (2013) sinalizam que se trata de uma preocupação que cresce entre os filósofos da química para que discussões deste cunho se insiram na comunidade química, mesmo considerando que haja diferentes

perspectivas, uma vez que a filosofia da química é uma área que está em constante expansão.

Desde o fim do século XX e o início do século XXI, muitos estudiosos têm se debruçado na construção de elementos que caracterizassem o campo da filosofia da química (BAIRD; SCERRI; MCINTYRE, 2006; SCERRI, 2008; LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013; LEMES; PORTO, 2013; RIBEIRO, 2014, 2017; SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018). Seja criando revistas científicas, produzindo eventos, bases de dados ou abrindo espaço para novas linhas de pesquisa, muitos desses estudiosos têm ressignificado a área. Em 1995, foi lançada a revista *Hyle: International Journal of Philosophy of Chemistry* editada por Joachim Schummer, um dos periódicos mais importantes por ser dedicado à filosofia da química (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013; LEMES; PORTO, 2013). Entretanto, ao acessarmos o site, notamos que desde 2022 a *Hyle* não recebe mais textos para serem publicados. Em 1997 também foi criada na Europa a Sociedade Internacional de Filosofia da Química, que em 1999 registra e publica outra revista importante para a filosofia da química, a *Foundations of Chemistry* fundada e editada por Eric Scerri (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013; LEMES; PORTO, 2013; SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018).

Apresentamos ao leitor uma busca prévia de artigos nacionais e internacionais pautados na filosofia da química que retratassem o panorama desta área. Ressaltamos que ainda que existam outras preocupações da filosofia da química que não serão mencionadas aqui, compreendemos que trata-se de uma fonte de discussões que ainda deve ser explorada. Por isso, essa subseção traz apenas alguns exemplos de pontos investigativos da área, o que promove um incentivo para constantes buscas por discussões específicas ainda não desveladas. A seguir, são apresentadas algumas linhas de pesquisa presentes no campo de pesquisa da filosofia da química.

Existem trabalhos concentrados em analisar como se aprimora o corpo teórico e metodológico da química e como se desenvolve a espinha dorsal de conhecimento desta ciência (LEMES; PORTO, 2013). Mais especificamente, há a preocupação em problematizar o elo teoria-evidências experimentais, colocando em foco a característica dual da química, que funciona com a mudança entre os fenômenos de nível macroscópico e os elementos teórico-conceituais de nível submicroscópico (LEMES; PORTO, 2013).

O reducionismo da química à física é uma discussão presente desde o surgimento da filosofia da química. Pelo fato de muitos cientistas se apegarem a tal reducionismo, muitos filósofos da ciência anteriores à 1990 também faziam essa mesma redução da filosofia da química à filosofia da física (BAIRD; SCERRI; MCINTYRE, 2006; SCERRI, 2008; LEMES; PORTO, 2013; RIBEIRO, 2017; SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018). Como Scerri e McIntyre (2008) apresentam, trata-se de uma breve aproximação ontológica entre a física e a química. Labarca, Bejarano e Eichler (2013) também apontam como fonte de discussão a relação e a interdependência entre a química e a física, a autonomia da química etc. No livro de Scerri e McIntyre (2008) é possível encontrar variados exemplos químicos que provam a não redução da química à física. Assim, Eric Scerri, Lee McIntyre, Joachim Schummer, Nelson Bejarano, Marcelo Eichler e Martín Labarca são alguns dos autores da filosofia da química que se debruçam a discutir as questões do reducionismo filosófico (SCHUMMER, 2006; SCERRI; MCINTYRE, 2008; LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013; LEMES; PORTO, 2013; SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018)

Partindo das discussões de cunho teórico-conceitual imersos nas pesquisas da filosofia da química, o realismo na química também é um ponto investigativo nesse campo (LEMES; PORTO, 2013). A relação entre teoria e prática presente na química corrobora para que questões sobre o realismo das entidades químicas sejam levantadas por estudiosos, visto que a prática influencia na construção e constatação da teoria (LEMES; PORTO, 2013). Os estudos que se fixam nesse ramo da filosofia da química apresentam argumentos levantados em função do desenvolvimento de materiais e equipamentos para medições e simulação, visto que tais dispositivos e ferramentas influenciam na maneira como os dados e as teorias são compreendidos (LEMES; PORTO, 2013).

A compreensão da química como uma tecnociência também é pauta de discussões. No que diz respeito ao contexto da análise e sínteses desenvolvidas na química, por haver uma interação entre ciência e tecnologia - entre empiria e representação -, não há maneiras de apresentar diferenças entre a química na qualidade de ciência ou técnica (SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018). A tecnociência tem privilegiado a prática que tem como objetivo criar substâncias, compreendendo que não tem como haver substâncias sem uma ação criativa (SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018). Além de serem um resultado

intencional da ação humana, elaboram significados completamente imersos num certo contexto histórico-cultural (SILVA; BARRETO; BEJARANO; RIBEIRO, 2018).

Questões sobre estética, ética e a imagem pública da química também fazem parte da agenda da filosofia da química (SCHUMMER, 2001; 2006; SPECTOR; SCHUMMER, 2003; LEMES; PORTO, 2013). Existe uma preocupação em como o químico se caracteriza perante a sociedade e a própria ciência, uma vez que a própria comunidade científica de químicos também não reflete sobre isso, além de outros aspectos importantes, como a ética, social, estético e ambiental (LEMES; PORTO, 2013).

A fenomenologia química é outra linha de pesquisa apontada por Silva, Barreto, Bejarano e Ribeiro (2018). A partir de seus estudos, os autores notaram que para os filósofos da química é necessário entender esse tema em um contexto muito amplo, ao passo que há uma grande pluralidade além da inexistência da unicidade da teoria em que a conceitualização química se pauta.

A filosofia da linguagem e semiótica é trazida por Schummer (2006) como uma fonte de discussões importantes. Trata-se de um grande sistema particular de linguagem dotado de elementos teóricos utilizados por cientistas para se comunicarem entre si (SCHUMMER, 2006). Segundo o autor, não existem muitos estudos filosóficos sobre como a teoria é codificada em linguagem, diferentemente do que se conhece em outras ciências. Contudo, alguns estudos preliminares podem ser citados, como o de Schummer (1998)

Definir o conceito de química é uma questão importante para estudiosos contemporâneos da filosofia da química (LEMES; PORTO, 2013). Segundo as pesquisas de Lemes e Porto (2013), puderam perceber que não há um consenso sobre essa área, visto que todas as outras discussões citadas por eles também contribuem para este debate a partir de ideias diferentes..

Ainda que existam outras preocupações emergidas da filosofia da química que não foram mencionadas até aqui, compreendemos que se trata de uma fonte de discussões que ainda deve ser muito explorada. Por isso, essa subseção traz apenas alguns exemplos de pontos investigativos.

Não tão distante da filosofia da ciência, há o ramo da história da ciência. Há uma preocupação em elucidar a definição de “História da Ciência”, sendo também motivo de discussão a nomenclatura desse tipo de pesquisa: “História da Ciência”, já citado, ou “Histórias das Ciências” (MARTINS, 2005). Em meados de 1930 houve

indícios de uma nova relação entre história da ciência e história (MARTINS, 2001). Já no início do século atual, a história da ciência é abordada tanto por acadêmicos com formação em áreas das ciências exatas e naturais quanto por estudiosos das áreas humanísticas, como historiadores e sociólogos. Martins (2005) pontua que existem muitas subáreas e ramos na história da ciência, contudo, faz destaque para a abordagem conceitual, a qual tem enfoque internalista primando fatores científicos e fundamentos, e para a abordagem não-conceitual, também conhecida como externalista, que objetiva desenvolver elementos extracientíficos. Uma pesquisa completa, segundo Martins (2005), envolveria as duas vertentes, uma vez que os acontecimentos ocorrem ao mesmo tempo, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento dos fatos científicos específicos, quanto ao meio social, político e histórico que estão inseridos. Além disso, estudos histórico-científicos usam fontes primárias e fontes secundárias (MARTINS, 2005). As fontes primárias são os textos originais do estudiosos pesquisados, enquanto que as fontes secundárias são estudos historiográficos sobre os autores investigados (MARTINS, 2005).

A presente pesquisa se pauta em alguns desses elementos apresentados sobre história da ciência, uma vez que, a partir de fontes secundárias, buscamos trazer os fatos científicos que envolvem o flogisto e o contexto em que todo esse episódio histórico se manifestou. Contudo, mesmo norteando-se por esses pressupostos, reconhecemos que em alguns momentos podem ter havido algumas falhas que, de alguma maneira, destoam da história da ciência que defendemos até aqui, mesmo que minimamente.

Quando observamos o momento da derrubada do flogisto, intrinsecamente investigamos os fatores que foram de fundamental importância para esse acontecimento. Dentre esses fatores, a não caracterização do flogisto enquanto entidade existente e quantificável é um deles (ASIMOV, 1965; VIDAL, 1986; BENSUADE-VINCENT; STENGERS, 1992; BENSUADE-VINCENT, 1996; KIM, 2008; 2011; MAAR, 2008).

Ao observarmos os elementos motivadores que culminaram na suposta “*Revolução Química*” (MAAR, 2008), percebemos que o não consenso sobre a composição dos corpos na química do século XVIII é um dos fatores essenciais para isso. Tendo isso em vista, a justificativa para que a presente pesquisa seja executada se dá por conta dessas lacunas existentes entre a ontologia da teoria do flogisto, o que, segundo alguns autores, causou a “*Revolução Química*” do século

XVIII. Também notamos que esse debate continua perpassando por estudiosos contemporâneos, seja em disciplinas de história da química, seja em artigos ou até em anedotas históricas utilizadas no ensino. O próprio conceito se justifica na medida que continua sendo um episódio recorrente nas publicações dos próprios debates que a química ainda está fazendo, seja por filósofos da ciência, historiadores da ciência ou educadores para pensar determinados aspectos da constituição da química moderna.

Em outras palavras, nossa intenção é reconhecer, por intermédio da história e filosofia da química, como foi o desenvolvimento e derrubada do flogisto, os motivos que propiciaram isso e se realmente houve uma revolução na ciência em geral apenas pela negação de um conceito químico. Tendo isso em vista, apresentaremos o objetivo geral deste estudo que foi construído por intermédio das inquietações levantadas na seção de apresentação e algumas lacunas apontadas nesta seção. O objetivo geral é desmembrado em três objetivos específicos:

Objetivo geral: Compreender o desenvolvimento da teoria do flogisto no século XVIII, suas versões reformuladas e os motivos que levaram historiadores e filósofos da química a afirmarem que sua derrubada ocorreu pelo surgimento de outras teorias.

Objetivos específicos:

- Identificar estudos histórico-filosóficos sobre o flogisto para compreender o pensamento de estudiosos contemporâneos a respeito desta entidade.
- Evidenciar as causas do desenvolvimento e da queda da teoria do flogisto, definindo os limites históricos dessa teoria;
- Produzir uma síntese sobre as produções bibliográficas contemporâneas de história e filosofia da química sobre o flogisto.

Compreendidos os objetivos deste estudo, abordaremos com mais detalhes no subtópico seguinte aspectos históricos sobre a teoria do flogisto e a Revolução Química para que o leitor possa se inteirar sobre este objeto de estudo. Em seguida, apresentaremos o referencial teórico adotado para este trabalho.

Alguns aspectos históricos da teoria do flogisto e sua derrubada

Apresentamos ao leitor alguns breves apontamentos sobre a natureza histórica da teoria do flogisto a partir de estudos de historiadores da ciência e da

química, buscando entender como ocorre o movimento da enunciação da teoria do flogisto, sua derrubada e sua relação com o desenvolvimento científico. Consideramos importante elencarmos algumas passagens historiográficas para que o leitor se familiarize com o objeto de estudo.

O século XVIII é compreendido por Maar (2008) como o grande século da química pelo fato de terem surgido diversas mudanças que passaram a compor o contexto científico dos químicos. Dentre elas, ocorreu o surgimento da divergência entre a teoria do flogisto e a conservação das massas nas reações químicas (MAAR, 2008). A teoria do flogisto emergiu em meados do século XVIII, mas foi na segunda metade desse mesmo século que os embates entre a teoria de Stahl e as teorizações de Lavoisier sobre a conservação das massas definitivamente começaram (MAAR, 2008). Hoje existem variadas modificações e aprimoramentos em equipamentos responsáveis por mostrar dados referente a massa, contudo é evidente que o que foi estudado por cientistas do século XVIII em relação a conservação demonstra uma resistência além do seu tempo. A derrubada do flogisto e a ascensão de uma nova maneira de praticar química foi um embate que contribuiu para o estopim da *Revolução Química*² (MAAR, 2008). A crítica feita ao flogisto emerge pela forma que as reações ocorrem e o que produzem para essa teoria: enquanto a combustão e a calcinação (oxidação) de metais se dão pela combinação de oxigênio, na teoria de Stahl é uma perda ou liberação de flogisto (MAAR, 2008). Ou seja, segundo Maar (2008), trata-se de um pensamento inverso: enquanto para os lavoiserianos se trata de uma combinação de elementos, para os stahliniano é uma decomposição, o que dificulta, como pontua o autor, a compreensão da química na visão flogística. Georg Ernst Stahl (1660-1734) foi um dos nomes responsáveis pela propagação da teoria do flogisto na sociedade científica. Em sua trajetória de vida, foi ao mesmo tempo médico, farmacêutico e químico (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). Com seus trabalhos, deixou

² Ressaltamos que os termos “revolução” e “revolução química” trazidos neste texto são utilizados em respeito à forma que os autores dos artigos utilizados se referem ao embate entre flogistonistas e antiflogistonistas no século XVIII. Destacamos que a utilização desses termos não reflete a noção do autor desta dissertação sobre revoluções. Para não haver confusão, reiteramos que, para nós, revolução “é sempre transformação em sentido estrito, isto é, o ato de mudar a própria essência do objeto sobre o qual incide o referido ato. Trata-se, pois, de uma mudança radical, de caráter estrutural, que dá origem a uma nova forma.” (SAVIANI, 2018). Mesmo não concordando com o sentido de revolução adotado pelos autores, entendemos que seus textos são ricos em informações sobre o flogisto no século XVIII, não devendo ser desconsiderados.

marcas na história da química e da biologia (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

As discussões relacionadas à teoria do flogisto também possuíam alguma consolidação por parte de estudiosos predecessores a Stahl, como Johann Becher (DEBUS, 1991; PRADO; CARNEIRO, 2018), para o qual a matéria era composta por três elementos principais, sendo eles ar, água e terra, e que o “flogisto era o princípio que regia sobre o fenômeno da combustão e da calcinação dos metais” (PRADO; CARNEIRO, 2018, p. 156). Como é discutido por Bensaude-Vincent e Stengers (1992), a própria química de Stahl está imersa numa filosofia da matéria que é oposta ao mecanicismo. As autoras esclarecem que Stahl parte da distinção aristotélica que há entre misturas verdadeiras e aparentes com a intenção de estabelecer uma separação entre o campo da química e da física, uma vez que a física mecânica poderia ficar responsável por dialogar sobre agregados e a química ficaria com o trabalho de tratar das misturas. Stahl defende a existência de matéria invisível, mas é contra a compreensão de partículas que são únicas e uniformes, dessa forma, tal matéria não visível não pode ser isolada, mas apenas podemos considerar sua presença (BENSAUDE-VINCENT, 1996). O ar era considerado um meio carregador do flogisto proveniente da combustão dos materiais inflamados. É de se questionar quanto à natureza dessas reações, uma vez que os metais não eram queimados, e mesmo assim perdiam o flogisto. Na tentativa de elucidar essa inconsistência, Stahl explicou que, ao contrário da madeira, por exemplo, que tinha uma queima rápida e enérgica se manifestando por chamas fazendo com que o flogisto saísse rapidamente, os metais por sua vez perdiam flogisto de forma mais lenta ao enferrujarem, por isso não haveria o aparecimento de fogo (ASIMOV, 1965).

A teoria de Stahl ganhou espaço na ciência por não se colocar em oposição à qualquer outra teoria existente, sendo essa teoria corpuscular proveitosa para a ciência na época, pois mesmo o flogisto sendo compreendido como uma matéria corpuscular, também explicava características além da estrutura da matéria (VIDAL, 1986).

De acordo com Bensaude-Vincent e Stengers (1992) e Bensaude-Vincent (1996), durante todo o século XIX, químicos, filósofos e historiadores associavam o surgimento da própria química a partir de Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), sendo o seu Tratado Elementar de Química de 1789 o principal escrito que gerou o estopim para isso. O flogisto, segundo Vidal (1986), era praticamente uma entidade

filosófica, afinal, possuía até peso negativo, enquanto que o oxigênio, mais tarde descoberto, é um elemento químico, uma matéria que possui peso real. Lavoisier foi um dos principais nomes a duvidar da teoria dos elementos e da teoria do flogisto de Stahl. Foi a partir da balança e um estudo profundo de mais de 10 anos da química dos elementos que Lavoisier consolidou seu nome na ciência (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; BENSAUDE-VINCENT, 1996). Esse cientista reiterou a importância de se realizar metodicamente experiências que sejam conduzidas a partir de medidas, repetições, variações e verificações (BENSAUDE-VINCENT, 1996), dando um novo significado à química.

Nesta subseção, apresentamos algumas definições sobre o flogisto e breves apontamentos históricos a respeito da sua relação com Stahl e Lavoisier. Compreendidos esses apontamentos introdutórios sistematizados até então, a subseção seguinte apresentará as ideias gerais de uma revisão bibliográfica e como esta deve ocorrer.

A revisão bibliográfica

O presente estudo se trata de uma pesquisa do tipo bibliográfica, executando uma revisão sistemática da literatura. A pesquisa bibliográfica é elemento fundamental que deve compor estudos científicos, podendo ter alguns objetivos, como renovar o que é discutido em estudos que possuem o mesmo objeto de pesquisa, elucidar a relevância da pesquisa que está sendo produzida para seu campo, entender quais são as brechas e a forma que a respectiva pesquisa pode ajudar nessas resoluções. (GIL, 2008; FLICK, 2013).

Gil (2008) pontua que a pesquisa bibliográfica apresenta uma série de utilidades no campo científico, podendo se adequar de acordo com o que o pesquisador precisa ou tem como objetivo. Flick (2013) afirma que esse tipo de pesquisa não se encaixa em apenas uma seção do trabalho, mas pode ser utilizada em diversos momentos, desde uma revisão da literatura quanto até os resultados da pesquisa. Uma revisão bibliográfica teórica tem a função de renovar o arcabouço teórico do pesquisador e situá-lo no campo de pesquisa que objetiva adentrar (FLICK, 2013). Este tipo de pesquisa está vinculada a construção de referenciais teóricos e o que é concebido no seio da área, afinal, novos conhecimentos devem estar pautados em conhecimentos previamente estabelecidos (FLICK, 2013). Já a

pesquisa bibliográfica metodológica visa a atualização do estudioso com as metodologias que são assumidas pelos pesquisadores do referido campo (FLICK, 2013).

A pesquisa bibliográfica pode se dividir em simples ou sistemática, como sugere Gil (2008). Segundo o autor, a pesquisa bibliográfica simples não faz uso de métodos sistemáticos, pautada em conhecimentos básicos do campo ou em revisões simples, não tendo como objetivo produzir uma pesquisa tão profunda a respeito do tema. Dessa maneira, são revisões que não precisam obedecer a um padrão metodológico tão rígido quanto a escolha das palavras-chaves e estudos que serão analisados (GIL, 2008). A revisão bibliográfica sistemática, por outro lado, tem um objetivo mais delimitado e claro, primando identificar, sistematizar, analisar e sintetizar as informações importantes disponíveis no respectivo campo que foi aplicada (GIL, 2008). Assim, a seleção de palavras-chaves, do banco de dados, dos estudos será muito mais rigorosa e pautada num objetivo selecionado anteriormente (GIL, 2008; FLICK, 2013). Dentre esses elementos, as especificações do tipo de documento a ser considerado e as fontes de dados é relevante, pois, de certa maneira, ditará o caminho da pesquisa (GIL, 2008; FLICK, 2013). Essas especificações dependerão do objeto de estudo e pesquisa do estudioso e a amplitude que estes abarcam. Em relação às fontes de dados, existem os periódicos e revistas científicas, bases de dados online, dissertações e teses e anais de congressos e outros eventos do campo (GIL, 2008; FLICK, 2013). Especificamente sobre os documentos, estes poderão ser fontes primárias ou secundárias (FLICK, 2013). As fontes primárias são documentos e textos elaborados pelos cientistas diretamente relacionados com alguma descoberta e que são frutos diretos da pesquisa, enquanto que as fontes secundárias são estudos produzidos partindo das fontes primárias, como críticas, análises e sínteses desses documentos geradores (FLICK, 2013).

Assim esta pesquisa tem caráter de revisão bibliográfica sistemática da literatura sobre o flogisto em periódicos filosóficos da química. Na próxima seção, apresentaremos quais os periódicos utilizados na coleta de dados, a palavra-chave, os filtros aplicados que resultaram nos artigos que serão descritos e a maneira como esses textos foram separados para construir os resultados e discussões.

METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em dois periódicos: a *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry* e a *Foundations of Chemistry*.

A *Hyle* é um periódico que visa abarcar os aspectos filosóficos da química (HYLE, 2022). Os artigos dessa revista tratam de temas epistemológicos, metodológicos, problemas ontológicos da química, peculiaridades da química e as relações com a tecnologia, facetas filosoficamente importantes da **história**, sociologia, linguística e educação química, dentre outros (HYLE, 2022). Ela não aceita submissões atualmente, restando apenas os textos que foram publicados entre 1995 e 2021 (HYLE, 2022). Segundo informações do site, a suspensão da publicação se deve ao fato de que não havia uma quantidade razoável de submissões de qualidade ao longo do ano (HYLE, 2022).

A *Foundations of Chemistry* é uma revista na qual ocorrem discussões interdisciplinares entre químicos, bioquímicos, filósofos, sociólogos, historiadores e educadores sobre temas conceituais e relevantes, segundo informações do site, que se conectam com a ciência central da química (SPRINGER, 2023). É um periódico presente na base de dados da *Springer Link*. A revista publica artigos centrados em temáticas como modelos químicos, linguagem metáforas e termos teóricos, evolução química e auto-replicação artificial, aspectos sociais e éticos do profissionalismo da química, química teórica e artigos sobre história e filosofia da química, dentre outros temas (SPRINGER, 2023).

O objetivo principal dessa coleta de dados era precisamente encontrar textos que articulassem aspectos históricos e filosóficos da química, mais especificamente do flogisto, as contribuições de Stahl e de Lavoisier e compreender o entendimento desta entidade no decorrer do século XVIII junto às suas diversas mudanças. Para iniciar essa coleta de dados, foi necessário estabelecer as palavras-chave que norteariam a seleção dos textos. Tendo isso em vista, após um estudo prévio da temática, optou-se por usar três palavras-chaves: “phlogiston”, “Stahl” e “Lavoisier”. O motivo de usar as palavras “Stahl” e “Lavoisier” associadas em todas as buscas é justamente para encontrar textos que contivessem discussões sobre a controvérsia do flogisto de Stahl e a sua derrubada pelas teorizações de Lavoisier.

No entanto, ainda sim houveram mais artigos do que o esperado, alguns não tendo relação direta com o flogisto enquanto entidade. Assim, optamos por usar

apenas a palavra “phlogiston” e obtivemos artigos, resenhas e entradas de referência. Optamos por delimitar as buscas e respeitar uma lógica para se adequar a uma revisão sistemática. Especificamos que os resultados a serem considerados devem apresentar a palavra-chave ou no título, ou no resumo ou no conjunto de palavras-chaves do próprio texto. Com o intuito de padronizar ainda mais a coleta de dados, optou-se apenas por artigos científicos, sendo excluído qualquer outro tipo de texto. A intenção era buscar propostas recentes de explicação sobre o tema, pautando-se na pesquisa revisada por pares, por isso a escolha apenas por artigos. A forma que cada uma das buscas ocorreu nos periódicos estão descritas a seguir

O primeiro periódico que fizemos a busca foi a *HYLE (International Journal for Philosophy of Chemistry)*. Para realizar a busca, foi selecionada a opção “journal papers” na página inicial de busca, essa que deveria retornar apenas artigos. Essa revista publica artigos, ensaios, resenha de livros, relatórios e resumos de biografias. Nesse sentido, optamos por selecionar a busca do tipo avançada e no campo “Find pages with... all of these words” foi inserida a palavra-chave de busca, entretanto, uma vez que o próprio campo compreende que a palavra deve aparecer ao longo do texto, não houve uma filtragem específica, pois o objetivo era encontrar essa palavra no título, ou no resumo ou nas palavras-chaves do artigo. Isso só foi possível deduzir por conta de outros campos presentes na busca avançada do site: “and this exact phrase”, “and any of these words” e “and none of these words”. Contudo, esses outros campos não foram preenchidos. A figura 1 mostra como é a ferramenta de busca avançada da *Hyle* e que esta não possui um campo para filtrarmos onde a palavra-chave deve aparecer, seja no título, resumo ou palavras-chaves dos artigos.

Figura 1 - Captura de tela da ferramenta de buscas avançadas da *Hyle*.

HYLE INTERNATIONAL JOURNAL FOR
PHILOSOPHY OF CHEMISTRY

Search Results

[add search to your site](#)

Enter Search Keywords

[index](#) [site map](#) [search tips](#) [Back to HYLE Search](#)

Find pages with... **all** of these words

and this exact **phrase**

and **any** of these words

and **none** of these words

show results per page

description text

word stemming ?

accent sensitive ☐ ?

case sensitive ☐ ?

Fonte: Hyle (2022).

Essa busca retornou 20 resultados, que estavam distribuídos em artigos, listas de referências e book reviews. Notamos que a plataforma de busca não fornecia a opção de delimitar ainda mais as buscas, dessa forma, tivemos que fazer a seleção manualmente dos artigos que possuíam ou no título, ou no resumo ou nas palavras-chaves a palavra “phlogiston”. Nesse caso, o número de artigos caiu de vinte para três que atendiam o pré-requisito estabelecido.

A *Foundations of Chemistry* foi o segundo periódico que fizemos a coleta de artigos. A busca foi feita utilizando a mesma palavra-chave “phlogiston”. A busca resultou em 49 textos, sendo artigos, book reviews, arquivos editoriais e entrevistas. Também analisamos as ferramentas de buscas e filtragem disponíveis na plataforma e mais uma vez nos deparamos com a limitação quanto a busca avançada. Tendo isso em vista, fizemos o download de todos os textos retornados, selecionamos os que eram apenas artigos e aplicamos manualmente os filtros aplicados anteriormente na *Hyle*. Ao selecionar apenas os artigos que apresentassem ou no título, ou no resumo ou nas palavras-chaves o termo “phlogiston”, de 49 esse

número caiu para 10. A seguir, é disponibilizado um quadro com o título, autor, ano de publicação e periódico de dados em que o artigo se encontra.

Quadro 1: Informações sobre os artigos retornados na coleta de dados.

Título	Autor e ano de publicação	Periódicos
Lavoisier's "Reflections on phlogiston" I: against phlogiston theory	Nicholas W. Best (2015)	Foundations of Chemistry
Lavoisier's "Reflections on phlogiston" II: on the nature of heat	Nicholas W. Best (2016)	Foundations of Chemistry
The development of problems within the phlogiston theories, 1766–1791	Geoffrey Blumenthal; James Ladyman (2017)	Foundations of Chemistry
Theory comparison and choice in chemistry, 1766–1791	Geoffrey Blumenthal; James Ladyman (2018)	Foundations of Chemistry
Priestley's views on the composition of water and related airs	Geoffrey Blumenthal (2019)	Foundations of Chemistry
Quantum Mechanics and Molecular Design in the Twenty First Century	Mark Eberhart (2002)	Foundations of Chemistry
Mechanistic Explanation versus Deductive-Nomological Explanation	F. Michael Akeroyd (2008)	Foundations of Chemistry
Hasok Chang on the nature of acids	Eric R. Scerri (2022)	Foundations of Chemistry
Viewing chemistry through its ways of classifying	Wolfgang Lefèvre (2012)	Foundations of Chemistry
From phlogiston to caloric: chemical ontologies	Mi Gyung Kim (2011)	Foundations of Chemistry
The Reality of Phlogiston in Great Britain	John Stewart (2012)	Hyle
The Hidden History of Phlogiston: How Philosophical Failure Can Generate Historiographical	Hasok Chang (2010)	Hyle

Refinement		
The 'Instrumental' Reality of Phlogiston	Mi Gyung Kim (2014)	Hyle

Fonte: Elaboração própria.

Apresentada como se sucedeu a coleta dos artigos destacados no quadro acima, na subseção seguinte descreveremos a metodologia de análise de dados.

A metodologia de análise de dados

Após fazer todas as verificações de quais textos atendiam os pré-requisitos da coleta de dados sistemática, realizamos a leitura de todos e elaboramos uma divisão entre artigos que apresentavam discussões históricas e os que tinham discussões centradas na filosofia. Percebemos que os artigos de Stewart (2012), Best (2015; 2016), Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) e Blumenthal (2019) exibem enfoque histórico. Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) se preocupam em apresentar como a teoria do flogisto foi compreendida, reformulada e aplicada em outros campos por adeptos a este sistema. Ao longo do texto, os autores apresentam passagens históricas que remontam o período do século XVIII no que se refere às práticas químicas laboratoriais, as disputas teóricas, a reestruturação de teorias e a divisão da comunidade científica entre os que aceitavam a teoria, os que discordavam e os que abandonaram. O artigo de Blumenthal (2019) tem o mesmo objetivo de Blumenthal e Ladyman (2017; 2018), a diferença está no foco que Blumenthal (2019) dá para um dos flogistonistas daquele contexto, a saber, Priestley. Best (2015; 2016) em seus dois artigos faz a transcrição da palestra de Lavoisier à comunidade epistêmica da época. Nos textos do autor, são traduzidas as falas de Lavoisier, que se preocupa em descrever o flogisto e seus problemas e apresentar a teoria do calórico como a sucessora desta entidade. Stewart (2012), por sua vez, mostra como foi a realidade dos químicos flogistonistas do século XVIII na região da Grã-Bretanha, visto que lá os estudos pneumáticos estavam em ascensão e o flogisto não era mais uma entidade imaginária, mas era presente instrumentalmente na prática laboratorial dos químicos.

Os artigos classificados como filosóficos apresentam discussões relacionadas à essência do flogisto e a utilização desta teoria como exemplo. Os

textos separados para a análise nesta categoria são os de Eberhart (2002), Akeroyd (2008), Kim (2008; 2011), Chang (2010), Lefèvre (2012) e Scerri (2022). Os artigos de Kim (2008; 2011) e Chang (2010) apresentam uma discussão de cunho ontológico sobre o flogisto, ou seja, sobre a natureza desta entidade, questionando Lavoisier e seus partidários quanto a noção de que acusavam ser uma substância imaginária, porém, o calórico de Lavoisier também apresentava as mesmas características. Scerri (2022) constrói críticas à maneira de Chang considerar teorias e entidades químicas, citando como exemplo, a compreensão do estudioso sobre o flogisto. Os artigos de Akeroyd (2008) e Lefèvre (2012) se preocupam em apresentar a teoria do flogisto como um exemplo de explicação baseada num tipo específico de argumentação e o desenvolvimento da classificação ao longo da história da química. Eberhart (2002), por fim, utiliza a teoria do flogisto como exemplo de sistema teórico que atrapalhou o desenvolvimento científico do século XVII para poder afirmar que a mecânica quântica sofre do mesmo problema, pois ainda são consideradas as noções contemporâneas de ligação química para descrever o comportamento dos átomos.

Abaixo, no quadro 2, os artigos com enfoque histórico estão apresentados. São destacados o título dos artigos, os respectivos autores e um breve resumo, elaborado por nós, para que o leitor compreenda o que é discutido ao longo de cada texto.

Quadro 2: Artigos históricos.

Título	Autor	Resumo (elaboração própria)
The Reality of Phlogiston in Great Britain	John Stewart	A intenção do autor é mostrar como os químicos pneumáticos britânicos desenvolveram uma nova matriz conceitual de flogisto na segunda metade do século XVIII. A concepção francesa do flogisto foi desestabilizada pela introdução da termometria de Boerhaave. O autor se preocupou em mostrar que até aproximadamente 1790 os químicos pneumáticos britânicos desenvolveram novos entendimentos do calor com uma definição operacional de flogisto baseada em afinidade, assim estabilizando o conceito, resultando num outro tipo de flogisto.
Lavoisier's "Reflections on phlogiston" I:	Nicholas W. Best	É um artigo seminal que marca um ponto de viragem da "Revolução Química". Aqui é apenas traduzida a primeira parte do que Lavoisier afirmou sobre o

against phlogiston theory		flogisto e como alguns estudiosos substituíram a teoria original de Stahl por sistemas radicalmente diferentes que conceituavam o princípio do flogisto de maneiras completamente incompatíveis. Ele refuta suas alegações, mostrando que esses modelos posteriores estavam repletos de inconsistências quanto ao peso do flogisto, sua capacidade de penetrar no vidro e seu papel como fonte de cor e odor em compostos químicos.
Lavoisier's "Reflections on phlogiston" II: on the nature of heat	Nicholas W. Best	Transcrição da segunda parte do ensaio de Lavoisier em que, depois de ter refutado a teoria do flogisto, expõe a sua nova teoria da combustão, baseada no princípio do oxigênio. Além de tratar de explicar as mudanças de volume, capacidade térmica e calor latente, também explica outras fontes químicas de calor, como o calor da solução.
The development of problems within the phlogiston theories, 1766–1791	Geoffrey Blumenthal; James Ladyman	Este é o primeiro de uma dupla de artigos. Se concentra no desenvolvimento das teorias flogísticas mais notáveis durante o período 1766-1791, incluindo os principais experimentos que os estudiosos proponentes se propuseram interpretar. As exposições e análises dessas teorias são apresentadas a partir de detalhes que estavam na literatura na época ou de outra forma potencialmente compreensíveis pelos participantes dada a prática contemporânea naquele contexto. Alguns aspectos metodológicos da história da ciência são discutidos, e a literatura secundária é brevemente pesquisada e citada.
Theory comparison and choice in chemistry, 1766–1791	Geoffrey Blumenthal; James Ladyman	É o segundo de uma dupla de artigos escritos pelos autores. Este artigo se dedica a comparação teórica e a mudança teórica, dando uma comparação detalhada entre as teorias disponíveis em 1790-1791, e mostra que isso foi fortemente a favor da nova química. Como apontam os autores, este período de tempo correlaciona-se com muitos químicos mudando para a nova teoria.
Priestley's views on the composition of water and related airs	Geoffrey Blumenthal	Este artigo realiza um estudo detalhado do trabalho tardio de Priestley sobre água e ares relacionados, primando pela sua versão da teoria do flogisto e apresentando a característica pessoal de Priestley ao responder às críticas da nova química que emergiram. Este estudo também tem implicações sobre a natureza da química e outras ciências, como elas progridem e como devem progredir.

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, no quadro 3, são apresentados os artigos com enfoque filosófico. São destacados o título dos artigos, os respectivos autores e um breve resumo, elaborado por nós, para que o leitor compreenda o que é discutido ao longo de cada texto.

Quadro 3: Artigos filosóficos.

Título	Autor	Resumo (elaboração própria)
The Hidden History of Phlogiston: How Philosophical Failure Can Generate Historiographical Refinement	Hasok Chang	O autor se preocupa em argumentar que nenhuma teoria filosófica padrão do método científico pode explicar por que químicos europeus fizeram uma mudança repentina e quase unânime de fidelidade da teoria do flogisto à teoria de Lavoisier. Para o autor, uma nova análise cuidadosa da história mostra que a mudança não foi tão rápida nem tão unânime quanto imaginado por muitos historiadores. Ainda apresenta breves reflexões sobre a melhor forma de explicar a tendência geral que ocorreu em direção à teoria de Lavoisier.
The 'Instrumental' Reality of Phlogiston	Mi Gyung Kim	A autora argumenta que a estabilidade do flogisto na química francesa do século XVIII não dependia de seu papel como uma teoria abrangente, mas de suas identidades operacionais, teóricas e filosóficas (especulativas), criadas em diferentes contextos, mas unidas para designar uma única substância. Era tão real quanto qualquer outra substância química, na medida em que era obtida por meio de operações materiais, ocupava um lugar na construção teórica da tabela de afinidades e era provida de uma ontologia corpuscular. Lavoisier a descreveu como uma substância "imaginária", pois oferecia uma resistência única à sua visão da nova química fundamentada em medições "métricas" e representações algébricas.
From phlogiston to caloric: chemical ontologies	Mi Gyung Kim	A autora faz discussões de cunho ontológico a respeito do flogisto e do calórico. Discorre que os cientistas antiflogistonistas prevaleceram e que isso foi um marco para historiadores e filósofos da ciência que caracterizam a "Revolução Química" como uma extensa mudança conceitual. Parte de elementos da teoria de Thomas Kuhn e faz comparações entre as teorias do flogisto e oxigênio e as práticas instrumentais que os envolviam. Aponta o calórico como a entidade contrária ao flogisto e seu motivo de embate científico.
Quantum Mechanics and Molecular Design in the Twenty First Century	Mark Eberhart	O autor discute que as descrições convencionais sobre ligações químicas comprometem a utilidade da mecânica quântica na síntese e design de novas moléculas e materiais. Segundo ele, isso pode ter

		resquícios de quando se acreditava que o flogisto era um elemento, e que pode ter impedido o desenvolvimento da química. Para o autor, superar os obstáculos atuais demandará novos métodos para descrever a estrutura molecular e a ligação, assim como novos conceitos eram necessários antes que a teoria do flogisto pudesse ser deixada de lado.
Mechanistic Explanation versus Deductive-Nomological Explanation	F. Michael Akeroyd	Este artigo discute o estudo de Paul Thagard sobre a versão do caminho da explicação mecanicista que é atualmente usada na explicação química. Thagard afirma que esse método de explicação tem um <i>pedigree</i> respeitável e pode ser rastreado até a "Revolução Química" nos argumentos usados pelas teorias de Lavoisier em suas disputas teóricas contra Richard Kirwan, dono de uma teoria flogistoniana revisada. Lavoisier, Fourcroy e seus colegas usaram o raciocínio do caminho, mesmo disfarçando esse fato, sugerindo que as afinidades variavam quando submetidas a situações de n-corpos.
Hasok Chang on the nature of acids	Eric R. Scerri	O artigo se debruça nas visões inter-relacionadas que Hasok Chang promoveu, como o pluralismo, pragmatismo e uma visão associada de tipos naturais. O filósofo também defende o que ele chama de persistência de termos cotidianos na visão científica. Chang afirma que termos como flogisto nunca foram de fato abandonados, mas se transformaram em diferentes conceitos que permanecem úteis. O presente artigo examina alguns desses pontos de vista, especialmente o que Chang afirma ser uma ruptura na definição de acidez.
Viewing chemistry through its ways of classifying	Wolfgang Lefèvre	O foco dessa contribuição está na química do século XVIII até o sistema químico antiflogístico de Lavoisier. Algumas das principais características da química nesse período são examinadas discutindo práticas classificatórias e a compreensão das substâncias que essas práticas implicam. Em particular, é discutida a questão de saber se podem ser consideradas como práticas históricas naturais e, portanto, se a própria química era uma história natural especial. Ao investigar o que as ordens taxonômicas revelam sobre as estruturas profundas da compreensão dos químicos sobre o mundo das substâncias, o artigo examina a questão de saber se o sistema químico antiflogístico de Lavoisier foi uma revolução no nível de uma estrutura profunda ou uma revisão dentro do sistema intocado de tal estrutura.

Fonte: Elaboração própria.

Apresentaremos a seguir como articulamos os textos entre si para haver um sentido lógico no que percebemos com a leitura de cada um dos artigos.

Nas seções responsáveis pela discussão histórica sobre a teoria do flogisto, organizamos as discussões tendo como espinha dorsal os artigos de Blumenthal e Ladyman (2017; 2018). Seguir essa lógica auxiliou para que houvesse uma cronologia que se inicia com a descrição da primeira teoria flogística de Stahl e de onde ele colheu dados para construí-la, as diversas versões revisadas desta teoria e quando todas se tornaram insustentáveis. Assim, a estrutura destas seções será baseada na estrutura desses dois artigos, contudo, associamos o que Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) discutem com trechos históricos de outros artigos e livros já lidos pelo autor deste estudo, tanto para detalhar elementos históricos que os autores criticam ou omitem (seja qual for a razão), quanto para não se tornarem seções que citam apenas os dois autores com "pequenos" trechos dos outros artigos. Esses outros textos históricos que contribuíram com estas seções foram selecionados a partir de uma revisão bibliográfica simples realizada à parte, tendo como objetivo a complementação supracitada. A utilização do artigo de Blumenthal e Ladyman (2018) ao longo da estrutura principal das subseções históricas nos auxiliou a evidenciar os problemas das teorias tardias do final do século XVIII, mostrar o que os autores recuperam de Lavoisier como sendo o cientista que corrigiu algumas falhas e criou uma nova química, e posteriormente argumentam sobre os textos da filosofia e dizer que não foi dessa maneira que as coisas ocorreram. A utilização do artigo de Blumenthal (2019) nas subseções históricas serviu para complementar o que os estudos de Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) destacam sobre as teorias flogísticas revisadas. O texto de Stewart (2012) cumprirá a mesma função que o artigo de Blumenthal (2019). As ideias de Stewart (2012) foram utilizadas como complementos para a discussão principal sobre a história da teoria do flogisto.

Os elementos chaves das subseções históricas estão presentes nos artigos de Best (2015; 2016). A partir das transcrições das falas de Lavoisier, é possível conhecer a entidade flogisto na visão de um cientista que viveu naquele contexto. Dessa forma, grande parte das passagens históricas sistematizadas na espinha dorsal das discussões históricas serão complementadas pela visão de Lavoisier sobre esta entidade e suas versões.

Salientamos que apesar dos artigos da filosofia não terem sido inseridos nas discussões históricas, alguns trechos são aproveitados e mencionados, pois tem uma carga historiográfica que auxiliou na compreensão do que será discutido. Reiteramos que, apesar de termos estabelecido essa separação, ainda sim todos os textos se conectam, seja pela história e pela filosofia da química. Exemplo disso, é a utilização do artigo de Best (2016), pois além de sistematizar apontamentos históricos sobre o calórico de Lavoisier, apresenta a visão do cientista sobre o calor, objeto esse que será melhor explorado e, de certo, criticado nas subseções filosóficas.

O objetivo deste delineamento histórico é criar um panorama histórico sobre a natureza do flogisto e caminhar para a polêmica envolvendo essa entidade, a saber, se realmente seu papel como substância imaginária gerou elementos necessários para o estopim de uma suposta revolução no campo da química.

No que se refere a seção reservada para discutir a filosofia por trás do flogisto, optou-se por dividi-la em duas subseções após uma análise dos artigos selecionados. A primeira subseção utiliza o flogisto como objeto nos artigos selecionados. Tanto Kim (2008; 2011) quanto Chang (2010) se preocupam em pontuar a compreensão ontológica do flogisto criticando o calórico estabelecido por Lavoisier. É apresentada a relação entre fogo, flogisto e calórico de acordo com os autores, após isso, é demonstrado que Lavoisier, ao fazer a substituição do flogisto pelo calórico, não havia superado a noção imaginária dessas substâncias (KIM, 2008; 2011; CHANG, 2010). A partir disso, os autores pontuam que não existem elementos suficientes para caracterizar a existência de uma revolução, como Thomas Kuhn e Imre Lakatos afirmam. Scerri (2022), surge no final desta subseção criticando a nostalgia conceitual de Chang, mas concorda que não houve uma revolução.

Na subseção responsável por apresentar o flogisto como exemplo, os autores selecionados para constituir essa parte do texto utilizam da teoria do flogisto como um exemplo para falar das práticas classificatórias na química e para discorrer sobre os tipos de explicação na ciência, destacando mais especificamente o embate entre Lavoisier e o flogistonista Richard Kirwan (AKEROYD, 2008; LEFÈVRE, 2012). Assim como Kim (2008; 2011), Chang (2010) e Scerri (2022), Akeroyd (2008) e Lefèvre (2012), em linhas gerais, concordam que os elementos pontuados na história da ciência como problemáticos na teoria do flogisto não são suficientes para

declarar a existência de uma revolução científica. Eberhart (2002) finaliza a subseção do flogisto enquanto exemplo, afirmando que a teoria respectiva a esta entidade foi um percalço para o desenvolvimento científico no contexto do século XVIII, o que demonstra uma discordância deste autor sobre o que todos os outros afirmam. Em outras palavras, Eberhart (2002) é o único que acredita no caráter retrógrado do flogisto para a ciência. Todos os outros autores, por outro lado, parecem estar articulados com o questionamento se realmente existiram elementos suficientes para caracterizar uma revolução, visto que as diversas teorias concorrentes que se sobressaíram tinham problemas muito semelhantes àqueles apresentados sobre o flogisto. Compreendido como se dará o desenvolvimento da análise dos dados, a seguir, apresentamos a seção “resultados e discussões”.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: SISTEMATIZANDO OS APONTAMENTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS DOS ARTIGOS COLETADOS

Após a análise prévia dos artigos, notou-se que alguns se encaixam na perspectiva histórica da química, enquanto outros na perspectiva filosófica. Tendo isso em vista, optou-se por dividir a seção “Resultados e Discussões” em dois ramos, um que trata da história do flogisto e o desenvolvimento intelectual e científico que essa entidade provocou aos seus adeptos, e outro que apresenta filosoficamente o flogisto enquanto objeto e o flogisto como exemplo.

Reiteramos que nas subseções responsáveis por trazer a historicidade do flogisto, não estão presentes apenas os textos encontrados na coleta de dados, mas contarão também com trechos históricos de outros artigos e livros investigados, tanto para detalhar elementos historiográficos que os autores criticam ou omitem (seja qual for a razão), quanto para não ser uma seção que cita apenas alguns autores com “pequenos” trechos dos outros artigos.

A seguir, será apresentada uma breve descrição dos autores dos textos obtidos na coleta de dados. Optou-se por produzir esse detalhamento por conta dos textos apresentarem conexões e citações entre os próprios autores, demonstrando a possibilidade de existência de algum tipo de relação acadêmico-profissional, podendo ter contribuído para que esses estudos fossem elaborados e publicados.

Reiteramos que apesar de termos separado os artigos históricos dos artigos filosóficos em subseções específicas, em alguns momentos esses textos se relacionam, assim aparecendo algumas ideias dos artigos filosóficos nas subseções dos artigos históricos e vice-versa. Nas subseções históricas, os autores selecionados para compô-las foram Stewart (2012), Best (2015; 2016), Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) e Blumenthal (2019).

John Stewart³ é docente do departamento de História da Ciência da Universidade de Oklahoma. Segundo informações do site da universidade, o estudioso é bacharel em artes, mestre e doutor em filosofia com foco em história da ciência e realizou estágio de pós-doutoramento em história da ciência pela mesma instituição. Atualmente é diretor assistente do Escritório de Aprendizagem Digital da

³ Informações retiradas do site Hyle, disponível em: <http://www.hyle.org/journal/issues/18-2/stewart.htm#ad> e do site da Universidade de Oklahoma <https://www.ou.edu/digitalllearning/about/staff/john-stewart>.

respectiva universidade além de estar à frente de diversos projetos, como de aprendizagem lúdica e alfabetização digital.

No artigo de Stewart encontrado na coleta de dados, o estudioso tece algumas discussões sobre a instrumentalidade do flogisto francês situado no artigo de Kim (2008). O estudo de Kim que o autor faz referência também é resultado da nossa coleta de dados e será discutido neste estudo.

Nicholas W. Best⁴, professor da Universidade de Indiana, é bacharel em química, mestre em história e filosofia da ciência e doutor em filosofia pela universidade supracitada, tendo realizado estágio de pós-doutoramento na mesma área. Ao investigarmos suas publicações, notamos que o estudioso se dedica a estudar a *Revolução Química*, apresentando aspectos e argumentos filosóficos para reafirmar seu caráter de revolução científica. Para tanto, em dois de seus trabalhos (BEST, 2015; 2016), os quais foram resultados da coleta de dados realizada no presente estudo, se pautam na transcrição e tradução das falas de Lavoisier contra o flogisto e a favor do calórico.

Geoffrey Blumenthal é docente do departamento de filosofia da Universidade de Bristol, no Reino Unido, contudo, ao buscarmos informações sobre o autor quanto a sua formação acadêmica, infelizmente não obtivemos resultados. Acessando sua lista de publicações na *Foundations of Chemistry* e na *PhilPeople*⁵, percebemos que o autor se dedica a estudar teorias como a do flogisto e do calórico, além de analisar a *Revolução Química* a partir da perspectiva de Kuhn. Além disso, tem estudos com outros autores encontrados na coleta de dados, a saber, James Ladyman e Eric Scerri.

James Ladyman, assim como Blumenthal, é docente de filosofia do departamento de filosofia da Universidade de Bristol, no Reino Unido. Apesar de não termos encontrado dados sobre sua formação acadêmica, no site⁶ da universidade em que está lotado, Ladyman descreve interesses em filosofia geral da ciência e da física. Além de ter pesquisado sobre o realismo científico, empirismo construtivo e realismo estrutural, atualmente pesquisa e possui artigos sobre a representação, fisicalismo, relação entre as ciências especiais e a física, metafísica, filosofia da informação e da computação e filosofia da matemática.

⁴ Informações retiradas do site da Universidade de Indiana, disponível em: <https://indiana.academia.edu/NWBest> e do seu perfil pessoal do Google Scholar.

⁵ Disponível em: <https://philpeople.org/profiles/geoffrey-blumenthal/news>.

⁶ Disponível em: <https://research-information.bris.ac.uk/en/persons/james-a-c-ladyman>.

Nas subseções filosóficas, os autores selecionados para compô-las foram Eberhart (2002), Akeroyd (2008), Kim (2008; 2011), Chang (2010), Lefèvre (2012) e Scerri (2022).

Mark Eberhart⁷ é professor do departamento de química e geoquímica da Escola de Minas do Colorado. O estudioso é bacharel em química e matemática pela Universidade do Colorado, mestre em bioquímica física pela mesma instituição e doutor em ciência e engenharia dos materiais pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Diferentemente dos outros pesquisadores descritos até aqui, Eberhart não possui ampla carreira na área da história e/ou filosofia da ciência, mas sim em métodos da mecânica quântica para compreender as origens atômicas das propriedades dos materiais, fixando-se na área dura da química. Por isso, o seu artigo utiliza do flogisto como exemplo de teoria que impediu o desenvolvimento da ciência, assim como são as definições de ligações químicas para a evolução da mecânica quântica.

A respeito de F. Michael Akeroyd⁸, não encontramos nenhum dado de sua carreira acadêmica, contudo, ao pesquisarmos seus artigos publicados, notamos que é um docente da Colégio de Bradford, no Reino Unido, se dedicando a pesquisas de cunho filosófico sobre a química e a bioquímica, trabalhando com os tipos de explicação nomológica, estudos sobre epistemólogos da ciência como Kuhn, Popper e Lakatos e a revolução científica de Lavoisier. Em um de seus artigos⁹, faz uma resposta direta a Eric Scerri sobre a previsão e a tabela periódica.

Mi Gyung Kim¹⁰ é docente do departamento de história da Universidade Estadual da Carolina do Norte, nos Estados Unidos. É bacharel em química pela Universidade Nacional do Seoul, na Coreia do Sul, mestre em química pela Universidade do Texas e doutora em história pela Universidade da Califórnia em Los Angeles. A autora constrói sua carreira pesquisando a história europeia da química do final do século XVII ao final do século XIX. No seu livro *"Affinity, that elusive dream: a genealogy of the chemical revolution"*, de 2003, a autora tenta apresentar uma genealogia mais complexa sobre a Revolução Química, episódio este, segundo a autora, que é considerado como o marco fundamental para a química e as

⁷ Informações retiradas do site da Escola de Minas do Colorado, disponível em: <https://chemistry.mines.edu/project/eberhart-mark/>

⁸ Informações cedidas pelo site <https://philpapers.org/s/F.%20Michael%20Akeroyd>.

⁹ "Prediction and the Periodic Table: a response to Scerri and Worrall" publicado no *Journal for General Philosophy of Science*.

¹⁰ Informações retiradas do site <https://chass.ncsu.edu/people/migkim/>.

ciências contemporâneas laboratoriais. Por se dedicar à pesquisa em história e filosofia da química, Kim, juntamente a Hasok Chang e Eric Scerri, autores de textos encontrados na coleta de dados, compõem a equipe editorial da *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*.

Hasok Chang¹¹ é docente do departamento de história e filosofia da ciência da Universidade de Cambridge, no Reino Unido. É graduado no programa de estudos independentes com ênfase em física teórica e filosofia pelo Instituto de Tecnologia da Califórnia. Foi aluno pós-graduando visitante no departamento de história da ciência da Universidade de Harvard e é doutor em filosofia pela Universidade de Stanford. Segundo informações disponibilizadas no site da Universidade de Cambridge¹², o pesquisador tem interesses em história e filosofia da química e física a partir do século XVIII, filosofia prática científica, realismo, pragmatismo, medição e evidência na filosofia da ciência. Assim como Kim, Chang é membro editorial da revista *Hyle*.

Analisando os artigos de Kim (2008) e Chang (2010), notamos, na seção de agradecimentos dos dois artigos, que ambos autores se conheciam. No estudo de Kim (2008), a autora agradece a Chang por fornecer comentários em prol da construção do referido artigo, enquanto que no texto de Chang (2010), o estudioso agradece a Kim por ter o convidado para uma conferência de historiadores e filósofos da ciência e ter recomendado seu estudo de 2010 para a *Hyle*. Diante disso, percebemos que as discussões nos dois artigos, assim como o artigo de 2011 de Kim, estão alinhadas e entrelaçadas. Ambos autores retratam as ontologias do flogisto e do calórico, questionando a veracidade da suposta Revolução Química, além de fazerem apontamentos às ideias de Kuhn e Lakatos sobre esse episódio histórico.

De acordo com suas páginas no *ResearchGate* e no Instituto Max Planck¹³, Wolfgang Lefèvre é docente do departamento de mudanças estruturais nos sistemas de conhecimento, do Instituto Max Planck de História da Ciência em Berlim, na Alemanha. Informações sobre a carreira de Lefèvre não foram encontradas, porém, sendo doutor em filosofia, pesquisa sobre história da ciência em conexão com a

¹¹ Informações retiradas do currículo de Chang, disponível no site <https://cambridge.academia.edu/HasokChang/CurriculumVitae>.

¹² Disponível no site <https://www.hps.cam.ac.uk/directory/chang>.

¹³ Disponível nos sites <https://www.researchgate.net/profile/Wolfgang-Lefevre-2>.

história da filosofia com base na história social, ciências na antiguidade grega, física e química modernas e história da biologia nos séculos entre os séculos XV e XVIII.

Eric Robert Scerri¹⁴ é docente do departamento de química e bioquímica da Universidade da Califórnia em Los Angeles, possuindo bacharelado em química pela Universidade de Londres, certificação de pós-graduação em química pela Universidade de Cambridge, mestrado em filosofia em físico-química pela Universidade de Southampton, doutorado em história e filosofia da ciência pela Universidade de Londres e estágio de pós-doutoramento na Escola Londrina de Ciências Econômicas. Seus interesses de pesquisa pautam-se na história e filosofia da química, redução da química à mecânica quântica, evolução histórica do sistema periódico e suas explicações, a natureza filosófica dos elementos e a apresentação da estrutura eletrônica e mecânica quântica no ensino de química contemporâneo. O estudioso é fundador e editor-chefe da revista *Foundations of Chemistry* e participa do corpo editorial da *Hyle*, assim como Chang e Kim. Dentre os seus artigos, o que surgiu como resultado da nossa coleta de dados faz uma crítica a forma que Hasok Chang compreende a natureza dos ácidos. Mais uma vez notamos relações entre os autores e artigos que emergiram da revisão bibliográfica deste trabalho.

Conhecidos os autores dos textos das subseções históricas e filosóficas, nos resta compreender como eles se relacionam entre si acerca do flogisto. Por conta da maioria dos estudiosos aqui listados apresentarem experiência no campo da história e filosofia da ciência, notamos que muitas ideias convergem e se complementam quanto à natureza da referida entidade, bem como as passagens históricas que marcaram seu desenvolvimento e decadência ao longo do século XVIII.

Aspectos históricos da (s) teoria (s) do flogisto: proposta inicial, reformulações e decadência

No fim do século XVII, a química ainda não tinha tomado um grande espaço, sendo ligada e direcionada a campos como a medicina, práticas artesanais, metalurgia e perfumaria (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). Debus (1991, p. 37) pontua que muitos estudiosos da área eram médicos-químicos que estavam pesquisando resoluções de problemas de suas áreas, uma vez que compreendiam que “já que o microcosmo operava quimicamente, os remédios preparados pela

¹⁴ Informações cedidas pelos sites <https://ericscerri.com/> e <https://www.chemistry.ucla.edu/directory/scerri-eric-r/>.

química seriam não só apropriados mas necessários”. Segundo Bensaude-Vincent e Stengers (1992), apenas no fim do século XVIII a química passou a ser tida como um ramo da ciência, assumindo sua autonomia como grande área de pesquisa e alicerçando bases sólidas para isto.

Bensaude-Vincent (1996) sinaliza que com o passar do século XIX, filósofos, historiadores e químicos creditaram boa parte da ascensão da química enquanto ciência à Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). A autora discorre que historiadores da contemporaneidade também associam esse marco na história com elementos que compuseram uma revolução, como os sinais de uma crise e a divisão da sociedade química em dois lados, os partidários de Lavoisier e os adeptos ao flogisto. Debus (1991) considera que a *Revolução Química* tem seus primeiros passos até antes, no século XVI, emergindo por praticamente dois séculos e meio, tendo seu auge no XVIII.

Um dos precursores dos confrontos científicos que se instauraram no século XVIII é a entidade flogisto. Destacamos que todo esse processo entre a enunciação e derrubada do flogisto e ascensão das teorizações de Lavoisier ocorreram no contexto da Revolução Industrial e Revolução Francesa, momentos que marcaram a história da Europa e, de certa forma, do mundo, principalmente no que tange a economia, política e conhecimento tecnológico. Blumenthal e Ladyman (2017) afirmam que a teoria do flogisto teve seu auge na química em 1766, sendo um de seus precursores Stahl, porém é possível observar alguns traços nos estudos mais amplos de Becher. Para compreender esse percurso histórico sobre essa teoria da matéria, é necessário conhecer brevemente seus precursores.

Johann Joachim Becher (1635-1682) era um estudioso autodidata, tanto para conhecimentos químicos quanto para idiomas, dominando dez, e medicina (MAAR, 2008). Becher entendia que as substâncias eram formadas de ar, água e terra (a terra, para Becher, se subdivide em Vitrificável, Mercurial e Inflamável¹⁵), e as substâncias que eram passíveis de combustão nem sempre tinham enxofre¹⁶, este último não sendo responsável pela combustão (MAAR, 2008; PRADO; CARNEIRO, 2018). Dessa forma, Becher assumiu que a terra combustível era como uma terra

¹⁵ Maar (2008) explica que essa terra inflamável/combustível também era nomeada de enxofre, porém, não podemos afirmar que tanto o autor, Maar, quanto o cientista, Becher, estavam se referindo ao enxofre que conhecemos hoje, afinal, foi apenas em 1777 que o elemento químico foi classificado com esse mesmo nome por Lavoisier.

¹⁶ Segundo Maar (2008), Becher entendia o enxofre como uma substância real/existente, um tipo de princípio.

gordurosa ou graxa, mais tarde nomeada de flogisto (em grego, “inflamar-se”), sendo uma espécie química com peso e propriedades específicas (MAAR, 2008). Blumenthal e Ladyman (2017) e Maar (2008) pontuam que a falta de um arcabouço teórico e filosófico na teoria da matéria de Becher motivou a continuação de seus estudos por Georg Ernst Stahl (1660-1734), este que adotou os quatro princípios oriundos dos estudos de Becher, seu mentor, para compor sua teoria, sendo eles o da água e das terras vitrificável, inflamável e mercurial.

Em sua trajetória, Stahl era ao mesmo tempo médico, farmacêutico e químico, porém, com seus trabalhos, deixou marcas na história da química e da biologia, sendo considerado o pai¹⁷ da teoria vitalista, esta que, em resumo, difere e separa fortemente o ser vivo de uma máquina que pode ser elucidada em termos físicos e químicos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Stahl observou a teoria de Becher como um caminho para construir sua teoria unificadora da química, porém, mesmo reconhecendo Becher em suas produções próprias, buscava deixar explícito que discordava do cientista (MAAR, 2008). Stahl entendia o flogisto como um “princípio”, uma vez que afirmava que a matéria era composta por entidades menores, sendo este o princípio primeiro do fogo e do enxofre, além de ser a causa do odor e sabor (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Como os autores destacam, J. Juncker¹⁸ descreve que Stahl postulou o flogisto como constituinte do enxofre, óleos, vegetais, animais e muitos outros materiais, além disso, haviam provas experimentais que demonstraram a sua existência. Como exemplo dessa afirmação de Stahl, Blumenthal e Ladyman (2017) citam o argumento do cientista descrito no livro de Juncker, que propõe que ao estanho ser derretido, ficar envolto de cinzas e ter sua superfície recoberta por óleos, resina vegetal ou outro material que Stahl afirmava conter flogisto, as cinzas voltavam a ser estanho novamente, visto que esses materiais forneciam flogisto às cinzas para a recomposição original do estanho. Para os autores, essa explicação no contexto químico da época era tida como racional, mesmo que dependesse da ideia de que o caráter inflamável era intrínseco a um tipo específico de substância.

¹⁷ Esse termo é de escolha própria das autoras citadas, a saber, Bensaude-Vincent e Stengers.

¹⁸ J. Juncker em seu texto “*Conspectus Chemiae theoretico-practicae in forma Tabularum repraesentatvs... e Dogmatibvs Becheri et Stahlī potissimvm explicantvr...*” de 1757 (não foi fornecido e nem encontrado o nome completo deste autor). Segundo Blumenthal e Ladyman (2017), este estudioso reescreveu e retratou o trabalho de Stahl de forma mais detalhada, legível e coerente.

O flogisto, como descreve Maar (2008), não é um conceito aleatório, mas envolve um emaranhado teórico, sendo herdado dos princípios químicos paracelsianos. O sistema de Stahl pode ser compreendido como racional, pois nega conceitos alquimistas, os substituindo por postulados que propiciam uma generalização (MAAR, 2008).

Bensaude-Vincent (1996, p. 203) explica que

[...] o flogisto é o princípio do fogo responsável pelas combustões que explicaria pela sua libertação os fenômenos de calor e de luz produzidos por ocasião de uma combustão. É invisível, escondido, impossível de isolar porque está sempre combinado.

Além disso, o flogisto pode ser considerado

[...] como fogo fixado na matéria. Ele penetra esta intimamente, e escapa-se dela durante as combustões. Quando se calcina um metal, a sua separação deixa uma «cal» (chamada hoje: óxido). Pode-se regenerar o metal se se transferir para a «cal» o flogístico contido em corpos que nele são ricos. Assim, o tratamento pelo fogo das «cales» metálicas em presença de carvão (carbono) permite voltar ao metal (VIDAL, 1986).

A figura a seguir descreve como é uma reação de calcinação em que o flogisto é liberado. No caso, conforme um metal calcina, ele produz a sua calce¹⁹ (seu óxido metálico) e libera flogisto no ar.

Figura 2 – Representação das reações que envolvem o flogisto.

$$\text{metal} \rightarrow \text{calx (óxido do metal)} + \text{flogisto}$$

$$\text{calx} + \text{flogisto} \rightarrow \text{metal}$$

Fonte: Adaptação de Maar (2008, p. 494).

Mesmo sendo uma teoria conhecida na química próxima ao ano de 1766, não se tinha consenso a respeito de diversas ideias de Stahl, sendo uma pequena parte da teoria do flogisto defendida em um dos principais livros da época, a saber, “*Elements of the Theory and Practice of Chymistry*” de Pierre Joseph Macquer de 1764 (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; MOCELLIN, 2006).

Segundo Blumenthal e Ladyman (2017), haviam muitas teorias que propuseram que os elementos/princípios estavam ligados a algo no espaço, além de

¹⁹ A palavra “calce” e seus plurais são utilizados no texto possuindo o sentido de “metal calcinado”. O processo de calcinação é a oxidação de metais por vias de aquecimento, então um dos produtos desse processo é a calce. Preferimos não utilizar o nome “oxidação” em respeito aos autores dos textos coletados e para manter a nomenclatura da época.

tratar do calor, fogo, combustão e luz. Como descrevem, para Stahl, o flogisto era um princípio material encontrado tanto combinado entre as substâncias como no universo como um todo, sendo o calor o movimento dessas moléculas, contudo, não provocava as mudanças de estado, assim o flogisto não é calor. Os autores pontuam que o flogisto provoca a emissão de luz e calor no fogo e afirmam que J. Juncker argumentava que quanto mais puro o flogisto ao ser misturado em substâncias, mais estas serão voláteis e atraídas pelo ar. Stahl afirmava que o flogisto era expelido no decorrer da combustão e calcinação de metais, porém, já se sabia que algumas substâncias aumentavam de peso ao passar pelo processo de calcinação. O flogisto, por muito tempo no século XVIII, fazia parte da realidade instrumental dos químicos, mesmo que um dos principais críticos a essa teoria, Lavoisier, próximo do final do mesmo século, definia esta entidade como imaginária (KIM, 2008).

Em 1718, Étienne François Geoffroy (1672-1731) criou e apresentou sua Tabela de Afinidades, a qual continua uma breve descrição de operações básicas da química de soluções para que assim um iniciante na química entendesse as relações entre diferentes substâncias, além de um químico poder encontrar uma forma fácil de descobrir o que ocorre em diversas de suas reações/operações e o que resulta na mistura de diferentes corpos (KIM, 2008). A figura 3 apresenta a tabela de afinidades de Geoffroy com seus símbolos descritos em sua base.

Figura 3 – Tabela de afinidades de Geoffroy (1718).

							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																
							SM																

Vidal e Porto (2014, p. 79) explicam que essa tabela (figura 3) resumizava conhecimentos sobre as reatividades de diferentes substâncias, consideradas no nível macroscópico, e podia ser compreendida sem que fosse necessário entrar em discussões sobre a estrutura microscópica da matéria. Mocellin (2006) descreve que nessa tabela, são apresentadas 16 substâncias que encabeçam 16 colunas, dessa maneira, em cada coluna, a afinidade da primeira substância diminui de cima para baixo (as substâncias estão ampliadas e traduzidas na figura 4). Quando duas substâncias que tendem a se combinar estão unidas e surge uma terceira com afinidade maior com alguma das duas, a terceira tende a se combinar com uma das primeiras liberando a outra, sendo compreendido hoje como reação de simples ou dupla troca (MOCELLIN, 2006).

Pudemos perceber que uma das afirmações que creditaram a inclusão do flogisto na tabela de afinidades de Geoffroy foi a de Stahl sobre o conhecimento apenas macroscópico das entidades químicas. Blumenthal e Ladyman (2017) pontuam isso descrevendo que Stahl afirmava não ser possível conhecer as causas distantes, mas sim as próximas, ou seja, não era possível conhecer a substância em sua singularidade, contudo os autores sinalizam que ao assumir que as entidades são feitas de seus princípios, não está observando-se as causas próximas. É salientado que Stahl tentou contornar esse contraponto de sua afirmação justificando que o número de corpos primários deve ser impreterivelmente muito pequeno, mas assume que sua hipótese sobre os quatro princípios não é completamente verdadeira. Os princípios, segundo o cientista, só poderiam ser demonstrados a partir da transposição de uma combinação para outra (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Entretanto, os autores entendem que mesmo sendo plausível a transferência entre combinações, não haviam provas que mostrassem que se tratava do flogisto ou outros princípios de Stahl, mas sim de alguma entidade que provocava os mesmos efeitos visíveis.

Foi identificado e definido por Geoffroy um princípio oleoso/sulfuroso (contido em matérias inflamáveis, como madeira e carvão, que possuíam maior afinidade com o ácido vitriólico) como o flogisto (princípio da inflamabilidade) de Stahl (KIM, 2008). Após realizar essa identificação, Geoffroy amplificou as discussões sobre o princípio do enxofre ou, agora, flogisto, também incluindo esta última entidade na sua tabela de afinidades (KIM, 2008). Segundo Kim (2008), Geoffroy, ao fazer isso, concedeu ao flogisto uma identidade teórica que também passou a fazer parte da

sua identidade operacional, pois com o conhecimento que esta tabela foi ganhando, abriu espaço para o flogisto surgir como substância existente para a química dos sais.

Com a inserção do flogisto na tabela de afinidades de Geoffrey e a fama alcançada por essa ferramenta, a teoria de Stahl ganhou mais reconhecimento na Europa durante o século XVIII (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Um dos fatores que levaram a isso é destacado por Maar (2008, p. 495-496), pois, para o autor,

Uma vantagem adicional da teoria de Stahl é a de substituir por uma teoria única as várias teorias propostas anteriormente. A simplicidade é sempre um aspecto bem-vindo, e a teoria de Stahl, embora de acordo com os conhecimentos de hoje, baseada em hipóteses falsas, foi, além de internamente coerente, simples.

Blumenthal e Ladyman (2017) também destacam que a teoria do flogisto de Stahl foi largamente adotada por conta do seu suposto sucesso empírico e pelo fato de não haver uma teoria concorrente à sua altura. Assim, o fato desta teoria ser repleta de problemas básicos, posteriormente terem surgido outras versões com propostas diferentes e até concorrentes em especificidades ou então que diversos temas tivessem sido suprimidos a partir da visão de Stahl, não foram elementos cruciais para que seu sucesso fosse alcançado até onde conseguiu próximo a 1764.

Para os autores, Stahl foi figura influente para os químicos posteriores, pois sua tentativa de uma concepção abrangente deste campo estabeleceu uma certa ordem ao que estava sendo estudado e descoberto pelos químicos. É afirmado por Blumenthal e Ladyman (2017, p. 245, tradução nossa), que o flogisto foi reconhecido pela comunidade química

[...] em parte porque derivava da ideia antiga de que a combustibilidade de uma substância se devia ao seu conteúdo do princípio da combustibilidade, e em parte porque parecia receber alguma confirmação de quatro questões empiricamente observáveis: em primeiro lugar, a combustão e a calcinação tinham algo em comum; em segundo lugar, a combustão envolvia a liberação de luz e calor; em terceiro lugar, a redução de calcários em metais geralmente exigia combustão com a adição de carvão vegetal e, em quarto lugar, em alguns desses casos parecia claro que uma substância foi transferida e que a reação era reversível.

Blumenthal e Ladyman (2017) comentam que mesmo sendo uma teoria aceita, muitos de seus problemas e inconsistências foram levados adiante e provocaram a descontinuidade de outras teorias flogísticas remanescentes. Tratava-se de uma entidade que não podia ter sua existência provada diretamente por experimentos, assim, as composições propostas para as substâncias foram

subdeterminadas ou não sustentadas a partir da experimentação (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), cientista contrário a teoria do flogisto, descreveu que se tratava de um princípio inflamável e pesado, contudo, nas reações de calcinação, a teoria não explica o motivo de haver aumento de peso mesmo o flogisto escapando dos metais (BEST, 2015). Além disso, os próprios químicos posteriores a Stahl que utilizaram a sua teoria de forma modificada omitiram essa falha (BEST, 2015).

A teoria tinha várias explicações diferentes para a volatilidade. Existiam diferentes mecanismos de mudança de estado para os princípios e para outras substâncias. Na teoria, o ar não reagiu e não foi absorvido por outras substâncias, e isso não levou totalmente em conta o conhecimento existente sobre o envolvimento necessário do ar na combustão. A teoria não resolveu o problema colocado pela longa tradição de conhecimento sobre ganho de peso na calcinação. A teoria propunha que um calcário só poderia ser reduzido na presença de um corpo que pudesse lhe comunicar o flogisto necessário, embora se soubesse que calcários de mercúrio podiam ser revividos sem adição. (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, p. 246, tradução nossa).

Os autores salientam que uma teoria generalista, como a do flogisto, facilita a revelação de novos fatos, contudo, conforme novos dados empíricos vão se amontoando, a simplicidade inicial de uma teoria já não é capaz de explicar todos, o que, assim como foi no caso do flogisto, leva outros cientistas químicos a proporem variantes da teoria original.

Blumenthal e Ladyman (2017) explicam que a teoria do flogisto teve seu auge na química em 1766, porém, assim como Maar (2008) havia previsto sobre a simplicidade e generalização de uma teoria, o flogisto original não dava mais conta de explicar muitos fatos empíricos. No período entre 1766 e 1781, Blumenthal e Ladyman (2017) afirmam terem surgido outras teorias flogísticas que ainda possuíam problemas. Como comentam, os diferentes tipos de ares identificados naquela época e a tentativa de tentar explicá-los partindo da teoria do flogisto contribui para que muitos outros detalhes passassem a necessitar de explicação a partir de uma teoria da composição. Isso fez as teorias do flogisto enfrentarem dificuldades (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). É por isso que Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) se debruçam em apresentar o desenvolvimento de problemas dentro das teorias tardias do flogisto entre 1766 e 1791, quando o flogisto, mesmo no seu auge, começou entrar em decadência na comunidade científica.

Ao analisar os textos históricos de Blumenthal (2019), Blumenthal e Ladyman (2017; 2018), as traduções dos escritos de Lavoisier feitas por Best (2015; 2016) e algumas passagens de Stewart (2012) sobre o flogisto na Grã-Bretanha, notamos que o flogisto assume diversas identidades para os químicos daquele período.

Blumenthal (2019) e Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) afirmam que muitas teorias reestruturadas sobre o flogisto e outras entidades passaram a surgir, como já mencionado, por conta da fama obtida pelo flogisto original de Stahl. Apesar de aparentemente os cientistas terem produzido pesquisas individuais e isoladas, os autores remontam passagens históricas que apresentam diversas comunicações entre esses estudiosos europeus. Em outras palavras, mesmo com teorias diferentes, havia diálogo entre pesquisadores que auxiliavam na reparação de possíveis erros em suas teorias (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, 2018).

Stahl construiu seu legado por intermédio de um curso privado que era ministrado na Praça Maubert (Paris-França), antes de ser nomeado professor no Jardim do Rei (*Jardin du Roi*, Paris-França), assim atraindo nomes em Paris, sendo aí que Denis Diderot, Anne Robert Jacques Turgot, Pierre Joseph Macquer, Gabriel-François Venel e Lavoisier aprendem química (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; BENSAUDE-VINCENT, 1996). Maar (2008) pontua que com a ampla aceitação da teoria do flogisto, muitos pesquisadores do século XVIII, como Macquer, Cavendish, Scheele e Priestley, começaram a elaborar explicações de seus estudos a partir dessa teoria, além de interpretar fatos conhecidos anteriormente a partir dessa entidade.

Partidários da teoria do flogisto, suas versões desta entidade e suas inconsistências: alguns aspectos históricos

Pierre-Joseph Macquer (1718-1784) foi um dos cientistas que auxiliou na divulgação da teoria do flogisto original de Stahl (BEST, 2015; BLUMENTHAL, 2019; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, 2018). De certa maneira, defendia a teoria de Stahl, a descrevendo em uma de suas obras, a saber, *Elements of the Theory and Practice of Chymistry* de 1764 (BEST, 2015; BLUMENTHAL, 2019; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, 2018). Nesse livro didático, que seguia o modelo geral francês, Macquer apresenta e explica a teoria de Stahl evidenciando o momento que esta teoria já não era possível de ser ensinada, uma vez que possuía falhas, na sua visão

(BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Entretanto, mesmo Macquer sendo admirador de Stahl, não concordava com pontos abrangentes do cientista, como seus quatro princípios básicos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, 2018). Macquer acreditava na existência do flogisto, mas se tratava de um composto de matéria e luz e não de um princípio básico, seguindo então as noções de Guillaume François Rouelle (1703-1770), que propusera que os elementos/princípios básicos eram a terra, ar, água e fogo (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, 2018; KIM, 2008). É apresentado, a partir de escritos de Lavoisier, que Macquer escreveu e incluiu em um de seus livros um artigo acerca do flogisto e os desenvolvimentos contemporâneos daquele contexto (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). O cientista afirmou que mesmo o flogisto sendo um dos princípios da matéria menos desvelado, Stahl sistematizou propriedades gerais a seu respeito, dentre elas, uma entidade iluminada e comprovada a partir dos detalhes dos fenômenos que mostrou nos diversos experimentos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Lavoisier descreve o flogisto de Macquer tecendo críticas

Ficamos surpresos ao ver ali o Sr. Macquer parecendo defender a doutrina de Stahl (preservando o nome “flogisto”), mas apresentando uma teoria completamente nova, que não é a de Stahl. Ele substitui a matéria pura da luz pelo flogisto (o princípio inflamável, esse princípio pesado, composto do elemento ígneo e do elemento terrestre). Assim, Macquer preservou a palavra sem preservar a coisa e assim apareceu para defender a doutrina de Stahl - aqui ele realmente prestou um desserviço a ele. Mas para ter uma ideia melhor desse novo sistema - que não é mais o de Stahl, nem de nenhum outro químico ou físico, e que pertence exclusivamente a Macquer (BEST, 2015, p. 143-144, tradução nossa).

Em defesa do flogisto, Macquer construiu uma série de argumentos, dentre eles, afirmou que os conhecedores dos fenômenos químicos e de suas inter-relações estão seguros a respeito da natureza e propriedades do flogisto, além disso, sendo essa teoria pautada em inúmeros fatos incontestáveis, não há incertezas para aquele que são conhecedores de tais fatos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

De certa maneira, o flogisto de Macquer se distanciou do flogisto sthaliano, pois

A evidência central proposta por Stahl para o flogisto envolvia a adição de carvão a substâncias, e Macquer não lidou com a questão de que a luz focalizada tinha efeitos diferentes nas substâncias do que os obtidos pela adição ou queima com carvão, de modo que ele não justificou a antiga teoria flogística, mas criou outra nova teoria

flogística que teve dificuldades substanciais. (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, p. 254, tradução nossa).

Lavoisier se empenha em criticar o flogisto de Macquer. Segundo o cientista, Macquer descreve as substâncias combustíveis como possuidoras de matéria de luz combinada que não evapora com facilidade, sendo tal combinação denominada de flogisto (BEST, 2015). Além disso, afirma que, segundo Macquer, esse flogisto se une a substâncias naturalmente sólidas, diminuindo sua dureza, assim aumentando o peso absoluto das substâncias que se une, fazendo tais substâncias adquirirem peso e/ou cor (BEST, 2015). Lavoisier ainda destaca que esse flogisto dificilmente se combinava com substâncias leves, voláteis e fluidas, sendo mais fácil se combinar com entidades pesadas, fixas e sólidas (BEST, 2015). A crítica de Lavoisier a esta versão do flogisto é construída sobre o fato de que sua teoria, assim como a de Stahl, ainda não conseguia explicar o aumento de peso quando os metais calcinam, uma vez que esse princípio pesado seria perdido. Além disso, “A objeção permaneceria mesmo quando se admitisse que o flogisto não tem peso perceptível, pois nesse caso os metais não deveriam aumentar nem diminuir de peso durante sua calcinação” (BEST, 2015, p. 144, tradução nossa). Lavoisier concluiu sobre a teoria de Macquer, destacando que

Essas objeções contra o sistema de Macquer foram mais ou menos intuídas pelos químicos, e sem dúvida é por essa razão que não foi completamente adotado por nenhum outro químico. Ele estabeleceu um grande número de doutrinas únicas nas quais apenas o nome flogisto é conservado - cada uma delas atribuiu uma ideia vaga a esta palavra, que ninguém definiu com rigor, e propriedades inconciliáveis e contraditórias foram reunidas na mesma entidade sem percebendo isso. Alguns exemplos tornarão isso mais fácil de apreciar. (BEST, 2015, p. 146, tradução nossa).

Henry Cavendish (1731-1810) foi outro cientista que se definiu partidário da teoria do flogisto, mas assim como Macquer, criou sua própria versão desta entidade tentando suprimir as falhas do flogisto stahlian. Cavendish deu visibilidade para os estudos dos gases enquanto trabalhava de modo quantitativo, ou seja, regulando a quantidade de elementos nos sistemas em seus experimentos (VIDAL, 1986). Cavendish em 1765 passou a se interessar por um ar inflamável que não podia entrar em combustão sem o ar comum e que saía de metais que eram dissolvidos em ácido vitrílico diluído, mais tarde, em 1776, sendo nomeado de hidrogênio (BENSAUDE-VINCENT, 1996; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; VIDAL, 1986). Cavendish, foi o primeiro estudioso

a realizar medidas com o peso de volumes específicos de gases diferentes com o intuito de determinar a densidade de cada gás, descobrindo que o hidrogênio é estranhamente muito leve, sendo mais leve que até o próprio ar, além de ser muito inflamável como citado (ASIMOV, 1965). Levando esses aspectos em consideração e imerso na teoria do flogisto, o estudioso levantou a possibilidade de ter finalmente isolado o flogisto (ASIMOV, 1965; VIDAL, 1986).

É explicitado por Blumenthal e Ladyman (2017) que as interpretações flogísticas de Cavendish não estavam em consonância com sua forma empírica da maior parte do material de seus artigos e estudos, afinal, tais explicações foram inseridas após os experimentos, não as provando na prática, mesmo isso sendo possível. Cavendish defendia que o flogisto era um princípio comum assim como Macquer, contudo, afirmava que esta entidade estava presente em calcários e metais (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2018).

Pontuando especificamente o seu ar inflamável, quando os metais eram dissolvidos no álcool de sal ou ácido vitriólico diluído, Cavendish entendia que o flogisto era liberado, mas sem ter sua estrutura alterada, formando o ar inflamável, assim, o cientista assumiu que o enxofre era ácido vitriólico unido ao flogisto (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Os autores descrevem as visões de Cavendish como sendo uma extensão ou consolidação dos pontos de vista de Stahl para ocultar a nova evidência experimental, contudo, as ideias de Cavendish tinham algumas diferenças, pois havia problemas adicionais e ele não testou as consequências possivelmente testáveis dessas teorias. Blumenthal e Ladyman (2017) sistematizam alguns pontos sobre o conflito de ideias de Cavendish e Stahl a respeito do flogisto. Para os autores, se o ar inflamável era flogisto, então a versão de Cavendish dessa substância precisava de maior atenção, contudo, o problema do flogisto de Stahl a respeito do peso dos metais e suas calces já estava em discussão. Além disso, para Stahl, o ar saturado de flogisto anula a combustão, porém, na teoria de Cavendish, o flogisto era o que tornava o ar inflamável e se esse ar de fato fosse flogisto, deveria constituir todas as substâncias que o flogisto também estaria presente, mas isso não foi testado (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Blumenthal e Ladyman (2017) também evidenciam a semelhança na teoria de Cavendish e na de Macquer no que diz respeito à utilização de diferentes visões e estudos, construindo uma teoria do flogisto revista, mas que ainda possuía problemas e que não era sistemática, assim

como a de Stahl. Os estudos de Cavendish e compreensões assumidas pelo cientista expandiram os problemas sobre a existência do flogisto na constituição de substâncias e a relação desta entidade com o peso (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Os autores discutem que as falhas na sua teoria dos ácidos, nas relações entre vapores e ares, a noção de que o ar desflogisticado era água isolada e o que compreendia por calcinação demonstram severas falhas nas teorias de Cavendish, uma vez que o flogisto executava quatro papéis distintos. Apesar de todos esses problemas, Blumenthal e Ladyman (2017) reconhecem que seus estudos contribuíram para a descoberta de que o ar inflamável era mais leve que o ar comum e a água, mesmo que as demais investigações nos estudos de 1784 e 1785 não envolviam análises de peso, mas volumétrica.

Em suma, é afirmado pelos autores que as experimentações de Cavendish contribuíram com acréscimos às provas experimentais disponíveis, assim refletindo nas discussões sobre a composição química. Todavia, esses experimentos dificultaram a criação de outras teorias flogísticas revisadas (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Joseph Priestley (1733-1804) foi o cientista inglês que, após publicar em 1772 um memorando intitulado *Observations on Different Kinds of Air*, em 1774 conseguiu isolar e caracterizar o gás que seria posteriormente conhecido como oxigênio, uma vez que recolhia diferentes ares e caracterizava-os com uma certa quantidade de reações com plantas e animais, denominando assim o estudo químico da respiração, o qual estava anexado à química dos gases (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992). Bernal (1965) discute que o perfil científico de Priestley era o de um estudioso que não tinha como foco separar matéria do espírito (razão da fé), mas sim exatamente o que as unisse com alguma explicação plausível e fundamentada, assim como Descartes se propusera a fazer.

As pesquisas de Priestley contribuíram tanto para Joseph Black (1728-1799), quanto para Cavendish a respeito dos ares, sendo exaltadas por Lavoisier por conterem mais trabalhos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Segundo os autores, as práticas experimentais de Priestley, em geral, abrangiam o aquecimento de substâncias e a dissolução destas em ácidos. Dentre os estudos do cientista em relação ao ar inflamável, foi testada uma hipótese flogística, enunciando que o ar inflamável era ar ligado a flogisto, diferentemente do que Cavendish propunha ao

salientar que o ar inflamável de fato era flogisto (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; STEWART, 2012). Além disso, após diversas mudanças em sua teoria, em 1794 Priestley enunciou que o flogisto era o princípio da alcalinidade (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2018).

A compreensão de Priestley era baseada na noção stahliana de que ocorria a liberação de flogisto durante a calcinação de metais, assim, assumiu que em seus experimentos ocorria algo que explicasse a adição de algo, seja o ar fixo, ar inflamável ou alguma matéria elástica, porém, afirmou que essa adição não ocorria nas reações de calcinação (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Os autores comentam que, em conclusão, Priestley defendeu nas reações com metais a diminuição do volume de ar por conta da saturação de flogisto.

Os autores entendem que “É impressionante como seu processo interpretativo neste caso foi diferente de sua metodologia oficial que envolvia formar hipóteses heurísticas, testá-las e interpretá-las sem usar conceitos gerais prévios” (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, p. 250, tradução nossa). As descobertas de Priestley sobre os ares foram amplamente conhecidas e difundidas na Europa, chegando até Lavoisier que, ao analisar essas descobertas, afirmou que Priestley não observou a absorção de ar durante a calcinação (BLUMENTHAL, 2019; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Após experimentos reconsiderando esse questionamento de Lavoisier, Priestley concluiu que a diminuição do volume de ar se dava por conta da sobrecarga de flogisto que este passava a ter, uma vez que o flogisto possuía maior afinidade com certas partes que compõem o ar ao invés do ar fixo que o compõe, assim o ar fixo é precipitado e ligado a outra substância, como água de cal ou calcário de metais (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Entretanto, os autores afirmam que essa noção já não era próxima da antiga teoria de Stahl a respeito da calcinação, pois para Priestley, a calcinação e a redução compreendiam a transferência de uma entidade que já não era o flogisto, e que esta outra substância era a causadora da diminuição do ar e o aumento do peso do calcário. Contudo, o que supostamente demonstrou a existência do flogisto foi essa transferência de substância, mas Priestley ainda manteve-se firme na teoria padrão do flogisto, mesmo seus critérios epistêmicos dizendo o contrário (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Assim, Priestley construiu uma nova teoria na qual o flogisto ainda era uma hipótese, porém o que as evidências mostram a

respeito da transferência nas reações era uma substância distinta (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Stahl negou a ideia de Boyle a respeito da fixação de corpúsculos ígneos que poderiam adentrar no vidro, mas Priestley pensou na possibilidade do flogisto adentrar pelas paredes do recipiente (BLUMENTHAL, 2019; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Priestley também pensou na possibilidade da calce possuir ar comum, o que distanciava mais o que o cientista fez da teoria de Stahl, uma vez o flogisto não sendo expelido, mas continuava dentro do calce junto ao ar desflogisticado (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Como discorrem os autores, isso era praticamente o abandono da ideia central de Stahl sobre a existência do flogisto em metais, os configurando de fato como metais. Além disso, a semelhança entre o processo de combustão e calcinação estabelecida por Stahl já não faria sentido de acordo com esse ponto de vista de Priestley, pois não havendo a liberação de flogisto na calcinação, também não ocorreria do flogisto ser liberado na emissão de luz e calor na combustão, anulando aquilo que foi proposto por Stahl (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017).

Em síntese, pelo o que se pode perceber pela leitura de Blumenthal (2019) e Blumenthal e Ladyman (2017; 2018), Priestley não definiu uma natureza específica para o flogisto, assim como Cavendish e Macquer, contudo, reestruturou a teoria no que se refere ao comportamento dessa entidade diante de outras substâncias. Ao solicitar pareceres de outros cientistas, como Cavendish e Lavoisier, sobre seus estudos dos gases, água e ácidos, recebeu muitos questionamentos quanto à execução dos seus experimentos, pois não tinham precisão analítica e material (equipamentos) (BLUMENTHAL, 2019). Além disso, mesmo com inúmeros contra-argumentos e provas de que esses cientistas estavam certos sobre a questão do peso, Priestley continuou a afirmar que a perda de peso não precisava necessariamente ser considerada (BLUMENTHAL, 2019). Após sucessivas críticas, Priestley passou a rebate-las com retóricas. O autor entende que as interpretações de Priestley sobre os ares e a água eram extremamente flexíveis, a ponto de mudar tais ideias em função da aceitação de sua teoria e ser seletivo quanto às suas respostas às críticas. Para isso, pautava-se nos métodos retóricos e sem comprovações que, aparentemente, atribuíam veracidade ao que postulava (BLUMENTHAL, 2018).

Carl Wihelm Scheele (1742-1786) produziu uma teoria flogística própria e diferente das outras, tendo seus primeiros estudos publicados em 1777 e reformulados na década de 1790, tendo também contribuições de Torbern Olof Bergman (1735-1784) (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018). Scheele, cientista autodidata, compreendia o flogisto (elemento peculiar) como uma substância material, que pressupõe certo peso, e entendia o calor também como algo material por conta do que foi descoberto sobre o calor latente, sendo o flogisto o constituinte desse calor e da luz (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1993; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018; MAAR, 2008; STEWART, 2012). Assim como Priestley, Scheele se interessava pelas interações que o flogisto tinha com tipos de ares/gases e ácidos (BENSAUDE-VINCENT, 1996; BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1993; BERNAL, 1965; BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018). Segundo os autores, na teoria de Scheele, o ácido aéreo (nome de Bergman para o ar fixo de Black) junto ao flogisto, em tese, produziam o ar de fogo (ar desflogisticado/ar puro/oxigênio), sendo este a base dos ácidos. Esse ar unido a certas quantidades de flogisto produz calor (pouco flogisto), luz (um pouco a mais de flogisto) e ar inflamável (com muito flogisto) (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). De qualquer forma, Maar (2008) descreve que foi por conta da teoria flogística de Scheele que hoje possuímos a noção das reações redox, pois, segundo o autor, Scheele obteve compostos que mostram o que hoje chamamos de diferentes números de oxidação, ou seja, quanto maior o número de oxidação, há a remoção do flogisto, quanto menor o número de oxidação, há a adição de flogisto (MAAR, 2008).

Scheele também fez uma teoria flogística revisada. Após as críticas de Lavoisier, Scheele reestruturou sua teoria ainda na segunda metade do século XVIII. O cientista, segundo os autores, tentou driblar o problema das teorias anteriores que afirmavam que as substâncias se diferenciavam apenas pela quantidade de flogisto presente (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Para isso, Scheele buscou trabalhar com mais de um princípio fundamental e indissociável, além da água e tipos de terra, sendo este o princípio salino (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Em outras palavras, os autores descrevem que, apesar desse princípio e o flogisto serem ponderáveis na teoria de Scheele, não era possível alcançá-los experimentalmente.

Richard Kirwan (1733-1812), químico e mineralogista influente na Inglaterra, era defensor do flogisto, sendo possível observar tal postura em seu *Essay on Phlogiston*, de 1784 (MAAR, 2008). Contudo, o autor afirma que em 1792

abandonou essa entidade e se tornou partidário de novas teorias que estavam surgindo, como é possível observar na segunda edição do seu *Elements of Mineralogy*, de 1794 e 1795.

Kirwan foi outro cientista que criou uma nova teoria flogística na segunda metade do século XVIII (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Baseando-se na teoria de Cavendish, afirmava que o ar inflamável de fato era flogisto, apresentando uma quantidade de argumentos que “provaram” seu ponto (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018; STEWART, 2012). Pautou-se também em Priestley e suas discussões sobre o ar inflamável, ácidos, calces e metais, contudo, mudou algumas perspectivas anos depois (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Essa realidade instrumental sustentada por Kim (2008) a respeito do flogisto é reforçada pela versão dessa teoria desenvolvida por Kirwan, como destaca Stewart (2012), afinal, o suposto flogisto do referido cientista pôde passar pelo crivo da existência e quantificação de seu peso e volume. Stewart (2012, p. 190, tradução nossa) em seu estudo reitera que

O flogisto em 1787 não era uma substância imaginária, um fluido imponderável ou mesmo um ar particularmente difícil de medir. A representação do flogisto como o último dominó a cair na racionalização da química de Lavoisier não parece mais suficiente.

Diferentemente de Stahl, o cientista pontuou que o ar inflamável estava presente em todas as substâncias inflamáveis, em vez do ar saturado com flogisto sustentar a combustão (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Os autores afirmam que Kirwan defendia a existência de diferentes tipos de ar inflamável, porém existia apenas um tipo de flogisto. Ao reformular o conceito de flogisto, tentou desvincular o caráter dessa entidade como uma substância oleosa produzida pela análise de soluções, abrindo fronteiras para sua adaptação na química pneumática (STEWART, 2012).

As pesquisas de Kirwan, Cavendish e Priestley sofreram críticas pelos lavoisierianos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Dentre algumas interpretações, este último grupo apresentou alguns erros experimentais a Kirwan que já haviam sido percebidos em Cavendish (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) contribuiu com críticas a Cavendish ao perceber que o que foi proposto por Kirwan dependia unicamente das provas de que no enxofre, fósforo, gás nitroso, metais e carvão existia ar inflamável, e que os argumentos de Kirwan eram apenas analogias, desta forma, não evidenciando a

existência do flogisto, ou ar inflamável nesses corpos (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; STEWART, 2012).

As teorias de Kirwan e Macquer mostram genericamente que uma teoria flogística revisada que levou em conta o papel do ar puro na calcinação, e também tentou identificar o flogisto com uma substância ou entidade experimentalmente observável, tinha o problema genérico de que esta versão do flogisto não poderia experimentalmente demonstrar ser um constituinte de substâncias das quais a teoria afirmava que era um constituinte. (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017, p. 264, tradução nossa).

Dessa forma, é afirmado pelos autores que assim como Cavendish, Kirwan estava encurralado, mas por motivos diferentes. Stewart (2012) pontua que o conceito de flogisto de Kirwan cometeu falhas por conta da sua identidade teórica no seio da química pneumática.

De acordo com sua teoria do flogisto, ao adicionar flogisto na forma de ar inflamável ao ar deflogisticado, os dois gases seriam transmutados em ar fixo. No entanto, sob a nova nomenclatura francesa, isso era absurdo. Como observou Lavoisier, Kirwan não poderia esperar combinar hidrogênio com oxigênio e obter óxido de carbono. A incapacidade de Kirwan de sintetizar experimentalmente ar fixo a partir de ar deflogisticado e inflamável ou produzir ar inflamável por meio da análise de ar fixo minou toda a sua teoria. (STEWART, 2012, p. 188, tradução nossa).

Em uma transcrição livre na sua tese de doutoramento, Scott (1979, p. 260, tradução nossa) apresenta uma das falas de Kirwan a respeito do seu descontentamento e abandono do flogisto:

Por fim, deponho as armas e abandono o flogisto. Vejo claramente que não há experiência comprovada que ateste a produção de ar fixo por ar inflamável puro; e sendo assim, é impossível sustentar o sistema da presença flogística nos metais, enxofre, etc. Sem experimentos decisivos, não podemos apoiar um sistema contra fatos comprovados. Eu mesmo darei uma refutação do meu Ensaio sobre o flogisto.

Apesar de ser ferramenta de pesquisa de Lavoisier, a abordagem métrica para caracterizar a combinação química enfrentou problemas, o que proporcionou o seu encontro com uma futura aliança improvável com Guyton, químico filósofo e defensor da teoria do flogisto (KIM, 2011). Mesmo o flogisto tendo sido uma entidade envolvida nas reações de combustão, calcinação e acidificação, os químicos não se preocuparam em agrupar esses tipos de reações e fortificar a teoria do flogisto (KIM, 2011). Guyton se fixou nas discussões a respeito do ganho de peso e das experimentações envolvidas nisso partindo de equações algébricas (subtração e adição de flogisto), para assim construir uma discussão que, além de apresentar a

identidade e papel do flogisto nessas reações, interconectar cada uma delas (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; KIM, 2011). Blumenthal e Ladyman (2018) e Mocellin (2012) descrevem que Guyton enxergava o flogisto como um tipo de fogo fixo, propondo que ao adicionar flogisto numa cal metálica, o metal passava a ser mais leve que o ar, contudo, ainda sim este estudo foi mais um dos quais demonstraram que o fator peso era um dos grandes problemas das teorias do flogisto. Guyton ampliou os questionamentos a respeito do ganho de peso dos metais, provocando, assim, a análise minuciosa do flogisto por parte de outros cientistas, visto que se tratava de uma chave para compreender esse fenômeno (KIM, 2011). Seu objeto de pesquisa fez com que Guyton e Lavoisier entrassem em conflito que perdurou por anos, o que, segundo Kim (2011), concedeu a historiadores a chance de entender como diferentes formas instrumentais de praticar química poderiam elaborar ontologias químicas divergentes.

Guyton fez uso da balança para provar que o flogisto em si era capaz de diminuir o peso de outros corpos combinados (KIM, 2011), uma vez entendendo o flogisto como uma substância menos densa entre todos os corpos químicos, por isso, quando associado convertia os compostos em substâncias mais leves (MOCELLIN, 2012). Kim (2011) pontua que essa analogia instrumental revela a confiança dos químicos neste instrumento para executar seu trabalho em laboratório. Kim (2011) e Mocellin (2012) descrevem que sendo um fluido mais sutil²⁰ que o ar, o flogisto provocava a diminuição do peso de um corpo de forma proporcional ao excesso de sua leveza no ar, assim, como poderia ser fixado nos menores espaços do corpo, os apertava para não ter crescimento de volume. Ao contrário do que Lavoisier problematiza nos flogistonistas, Guyton não se apropria da noção de peso negativo do flogisto, pois argumenta que o peso absoluto de algum corpo deveria ser medido em um meio excessivamente mais leve que o ar (KIM, 2011). Para Guyton, o ganho de peso dos metais era mediado pela volatilidade “essencial” do flogisto, tornando-o mais leve que o meio mais sutil, assim, ao se fixar a um copo de maior peso, o flogisto podia formar um equilíbrio com o meio por intermédio da “gravidade composta” dos dois, mas nunca deixando de ser volátil (KIM, 2011; MOCELLIN, 2012). Como a autora expõe, a volatilidade não se tratava de um estado físico provocado pelo calor, mas uma propriedade específica do

²⁰ Termo utilizado pelos autores.

flogisto, tendo seu efeito medido pela balança, e não por um termômetro ou hidrômetro.

Determinando o flogisto como o agente de mudança de peso nos três tipos de reações relacionadas, Guyton procurava calcular a quantidade de flogisto presente nos corpos, entender os princípios de fusão e dissolução e alcançar uma explicação mecânica da afinidade (KIM, 2011). Seu modelo de ação química prescrevia a existência de um fluido durante toda a reação, assim esperando conseguir medições quantitativas de afinidade que informassem a quantidade de flogisto que estava fixado a corpos e processos químicos, uma vez que o flogisto era esse fluido/solvente penetrante (KIM, 2011). Contudo, Kim (2011) informa que o problema residia na forma que ele deveria realizar os experimentos, visto que não havia um conjunto de práticas instrumentais que dessem conta de fundamentar sua teoria da ação química.

A matemática de Guyton aplicada ao flogisto fez com que Lavoisier notasse a função do ar nas reações de combustão e calcinação (KIM, 2011; MOCELLIN, 2012). Guyton não foi capaz de convencer Lavoisier e outros estudiosos a respeito da volatilidade essencial do flogisto e que o ganho de peso em uma ação química se dava por esse motivo (KIM, 2011; STEWART, 2012). Lavoisier acreditava que as explicações para os fenômenos descritos por Guyton tinham uma explicação mais refinada do que a apresentada pelo cientista (KIM, 2011). Lavoisier desenvolveu outro pensamento a respeito da natureza do ar, estabelecendo uma nova forma de ver a mudança de fase da água e a fixação do ar nos corpos, assim identificando o fogo como calor em vez de flogisto (KIM, 2011).

Friedrich Albert Carl Gren (1760-1798) reestruturou uma teoria do flogisto na qual pautou-se em noções teóricas e não experimentais, tendo como foco reviver a teoria alemã de Stahl (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Para conseguir estabelecer sua teoria, renunciou todas as ideias oriundas dos experimentos, dentre elas, ar fixo, assim retornando o problema do peso percebido em Stahl e sua calcinação (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018; MAAR, 2008). Blumenthal e Ladyman (2017, p. 268, tradução nossa) descrevem que o cientista entende que

[...] o peso de um corpo mede apenas a parte do corpo que está gravitando e não há nenhuma prova de que a gravidade atue em todas as partes materiais do corpo, e então tentou resolver a questão do peso reafirmando a leviandade absoluta do flogisto, que Venel havia proposto na França trinta anos antes.

Após discussões e contrapontos dos físicos daquele contexto, em 1790 Gren abandonou sua teoria (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017). Os autores concluem nesse caso que, assim como ocorre na teoria tardia de Priestley, as condições nas quais a teoria de Gren se estabeleceu não eram as mesmas de quando a teoria de Stahl emergiu. Mesmo havendo diversas teorias flogísticas, alguns cientistas mantêm sua posição quanto a defesa desta entidade, mesmo possuindo problemas, enquanto que outros preferiram abandoná-la. Na subseção seguinte, apresentaremos brevemente o desfecho de alguns destes cientistas.

Posicionamento dos flogistonistas na segunda metade do século XVIII

Ao analisar os artigos retornados na coleta de dados - que foram destacados na subseção anterior - e conectá-los com outras fontes históricas e filosóficas, pudemos perceber que existiram muitos outros flogistonistas. Investigando o compêndio da história da química de Maar, publicado em 2008, e as pesquisas de Bensaude-Vincent e colaboradores, notamos que a história da química no século XVIII possui correlações entre os personagens, contudo, os estudos contemporâneos de Blumenthal (2019), Blumenthal e Ladyman (2017; 2018), Stewart (2012) e as transcrições das falas de Lavoisier por Best (2015; 2016) evidenciam essa correlação a partir de uma narrativa preocupada em desvelar o significado de flogisto de cada um dos partidários científicos de Stahl. Mesmo com uma fidelidade à entidade prevista por Stahl, os cientistas assumiram a responsabilidade de desenvolver suas pesquisas, mesmo que ressignificando os conceitos já criados até então.

No quadro abaixo construído por Maar (2008), destacamos os nomes dos flogistonistas citados na subseção anterior e que renunciaram ou não a esta entidade após as críticas e teorias desenvolvidas pelos lavoisierianos.

Quadro 4 – Químicos da época da “Revolução Química” e sua posição.

Nome	Posição	Ano de conversão
Berthollet (1748-1822)	aderiu à teoria lavoisieriana	1785
Guyton de Morveau	aderiu à teoria	1786

(1737-1816)	lavoisieriana	
Fourcroy (1755-1809)	aderiu à teoria lavoisieriana	1787
Chaptal (1756-1832)	aderiu à teoria lavoisieriana	1787
Proust (1754-1826)	aderiu à teoria lavoisieriana	1791
A. Baumé (1728-1804)	permaneceu flogistonistas	
Cadet (1731-1799)	permaneceu flogistonista	
M. van Marum (1750-1837)	aderiu à teoria lavoisieriana	1786
J. Black (1728-1799)	aderiu à teoria lavoisieriana	1784
Kirwan (1733-1813)	aderiu à teoria lavoisieriana	1792
Cavendish (1733-1810)	indiferente	
Priestley (1733-1804)	permaneceu flogistonista	
Higgs (1766-1825)	aderiu à teoria lavoisieriana	1789
Klaproth (1743-1817)	aderiu à teoria lavoisieriana	1792
Gren (1760-1798)	após resistência aderiu	1793
Wiegleb (1734-1800)	permaneceu flogistonista	
L. von Crell (1744-1816)	permaneceu flogistonista	
Göttling (1755-1809)	aderiu à teoria lavoisieriana	1794
J. B. Trommsdorff (1770-1837)	aderiu à teoria lavoisieriana	1795
L. Galvani (1737-1798)	permaneceu flogistonista	
A. Volta (1745-1827)	aderiu à teoria lavoisieriana	1794
F. Fontana (1730-1805)	aderiu à teoria lavoisieriana	
L. Brugnatelli (1761-1818)	aderiu à teoria lavoisieriana	1795
Ekeberg (1767-1813)	aderiu à teoria lavoisieriana	1795
Gadolin (1760-1852)	aderiu à teoria lavoisieriana	1798
Gahn (1745-1818)	indeciso e indefinido	
Retzius (1742-1821)	permaneceu flogistonista	

Fonte: Adaptado de Maar (2008).

Examinando todos os textos obtidos na coleta e os estudos utilizados como alicerce para construir essa seção, notamos que mesmo havendo teorias flogísticas reestruturadas que não convergiam entre si, os cientistas mantinham uma comunicação que serviu de aprimoramento entre as próprias teorias. Em outras palavras, a partir de Best (2015; 2016), Blumenthal (2019), Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) e Stewart (2012), percebemos que Lavoisier, Kirwan e Cavendish eram críticos pareceristas dos estudos de Priestley, e que até a prática laboratorial de cada um desses e outros cientistas era interposta por opiniões e indagações de seus pares.

A nossa intenção não é nos aprofundarmos nessas relações, mas nortear e sugerir a ideia ao leitor de que, mesmo os cientistas sendo apresentados de maneira pontual no presente estudo, existem relações históricas que superam uma descrição pontual. Por isso, relembramos que o objetivo dessas duas subseções é demonstrar o que os principais flogistonistas do século XVIII elencados pelos estudos retornados na coleta de dados compreendiam por flogisto partindo de passagens históricas. Mesmo sendo uma entidade largamente criticada por lavoisierianos, notamos que não possui uma natureza tão distante do calórico assumido por Lavoisier.

Notamos nos estudos de Blumenthal e Ladyman (2017; 2018) que o que definiu o caminho dos cientistas e o que passaram a defender não se deu apenas pelo que compreendiam por flogisto, ou seja, sua definição formal pessoal. Como Kim (2008) especifica, trata-se de uma substância entendida como material (não tão hipotética e imaginária assim) presente na realidade instrumental dos estudiosos do século XVIII, dessa forma, como é apresentado por Blumenthal e Ladyman (2017; 2018), os estudos sobre os ares, ácidos, calor, fogo e água de cada um dos cientistas foram afetados por suas respectivas compreensões.

Contudo, ponderamos que mesmo o flogisto tendo sido uma teoria com muitas falhas, segundo Lavoisier (BEST, 2015), as áreas que os flogistonistas estavam trabalhando, como os estudos dos gases e ácidos, estavam despontando no contexto do século XVIII, sendo tais cientistas os pioneiros nessas pesquisas (BLUMENTHAL; LADYMAN, 2017; 2018). Ou seja, múltiplas interpretações sobre os fenômenos eram esperadas.

Reflexões e considerações de Lavoisier sobre o flogisto

Nesta subseção apresentaremos quem era Lavoisier e algumas de suas opiniões sobre o flogisto. Contudo, para nortear o leitor quanto ao uso de referências ao longo desta sequência, informamos que todas as visões de Lavoisier aqui apresentadas foram retiradas do artigo de Best (2015), a saber, *Lavoisier's "Reflections on phlogiston" I: against phlogiston theory*, no qual o autor transcreve o artigo que o cientista leu para a Academia Real de Ciências em Paris em 1777. Por isso, a utilização dessa única referência ao longo desta subseção é proposital por se tratar de um artigo que possui as falas e opiniões de Lavoisier na íntegra.

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) nasceu em Paris (França) e era filho de advogados (MAAR, 2008). Segundo o autor, o cientista foi criado por uma tia que se preocupou com a sua educação, visto que seus pais morreram precocemente. Era uma figura com dupla carreira, ao mesmo tempo que era um cientista, era servidor público (MAAR, 2008), sendo administrador do Antigo Regime, porém, como argumenta Bensaude-Vincent (1996), enquanto foi um grande nome para o movimento científico citado, tornou-se vítima da revolução política, sendo assim guilhotinado em praça pública²¹.

Sobre sua carreira de cientista, tentando obter a maior precisão possível em seus experimentos, Lavoisier fazia o balanço médio do peso das reações antes e depois, pesava o todo e as partes dos elementos que a compõem, etc. (BENSAUDE-VINCENT, 1996). Após verificar diversas variações de peso em seus experimentos sobre calcinação dos metais, buscou verificar por si só o motivo geral da variação de peso quando um metal é transformado em cal, vedando os recipientes em que a reação ocorre (VIDAL, 1986). Essa maneira de conduzir seus experimentos fez com que hoje em dia creditássemos ao cientista uma frase largamente utilizada na modernidade como princípio da química: *"nada se perde, nada se cria, tudo se transforma"*, entretanto, esta frase já era dita por atomistas da antiguidade com algumas alterações (BENSAUDE-VINCENT, 1996). Só é mencionada por Lavoisier em um capítulo específico no seu tratado da química, capítulo esse que tem como tema o estudo das fermentações (BENSAUDE-VINCENT, 1996). Após ter feito apontamentos sobre a química que

²¹ Segundo Bensaude-Vincent (1996), o Tribunal Revolucionário o condenou à morte junto a outros 27 inspetores de impostos, uma vez que foram acusados de uma "conjura" que foi interpretada como possibilitadora do favorecimento de sucesso de inimigos da França.

circundava o flogisto, publicou em 1789, após anos de produção, o *Tratado Elementar de Química*, o qual buscou validar a química que criou em detrimento da que o precedeu, se colocando até como o único fundador da química moderna (BENSAUDE-VINCENT, 1996).

Em referência ao artigo transcrito por Best (2015; 2016), o autor ressalta que a versão original do artigo de Lavoisier foi publicado em 1786 nas “Memórias da Academia” e republicado por Jean-Baptiste Dumas, este tendo atualizado a grafia francesa de acordo com as regras ortográficas de sua época, em 1835. Entretanto, Best modernizou alguns termos nos seus artigos de 2015 e 2016, dentre eles, “oxigínia”, que Lavoisier utilizava para nomear seu princípio da combustão ou acidez, substituindo pelo termo em inglês “oxygen” em todo o texto. Para compreender todas as mudanças feitas por Best, recomendamos a leitura na íntegra de seus artigos²².

Lavoisier descreve que, dentre os trabalhos que submeteu à Academia, realizou a revisão dos fenômenos mais importantes da química, dentre eles, a combustão, calcinação dos metais e os processos em que ocorre a absorção e fixação de ar (BEST, 2015). O cientista afirma que deduziu todas as explicações por um princípio simples, a saber, que o ar puro (ar vital) é composto de um princípio peculiar especial, o princípio do oxigênio, que se combina com a matéria do fogo e do calor (BEST, 2015). Para o estudioso, aceitar esse princípio eliminaria os inúmeros problemas com uma simples explicação, porém,

[...] se toda a química é explicada de maneira satisfatória sem a ajuda do flogiston, é apenas por esse fato infinitamente provável que esse princípio não exista, que seja uma entidade hipotética, uma suposição gratuita e, de fato, um princípio de uma boa lógica para não multiplicar entidades a menos que seja necessário (BEST, 2015, p. 139, tradução nossa).

Lavoisier é categórico ao tentar refutar a teoria elaborada por Stahl e reverberada por seus seguidores.

Ao iniciar este ensaio, imploro aos meus leitores que se livrem de todos os preconceitos, tanto quanto possível, para ver nos fatos apenas o que eles mostram, para banir tudo o que o raciocínio assumiu, transportar-se para um tempo anterior a Stahl e esquecer por um momento que sua teoria existiu, se é que isso é possível (BEST, 2015. p. 139-140, tradução nossa).

²² Artigo de 2015 disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-015-9220-5> | Artigo de 2016 disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-015-9220-5>.

O cientista pontua que enquanto Stahl ainda escrevia sua teoria, os fenômenos de combustão não eram compreendidos, a não ser pela liberação de calor e luz (BEST, 2015). Lavoisier descreve os escritos de Stahl afirmando que nas substâncias que inflamam, era presente um princípio inflamável (fogo fixo), contudo, como existiam dificuldades em relacionar a fixidez dessas substâncias com a mobilidade e sutileza que são características do fogo, então Stahl propôs que um princípio terrestre era o intermediário entre a união do fogo e tais substâncias combustíveis (BEST, 2015). É daí que surge, segundo Lavoisier, o nome flogisto atribuído por Stahl (BEST, 2015).

Se Stahl, como sinaliza Lavoisier, tivesse se restringido a apenas observar essa relação desse flogisto com a combustão e calcinação, não teria sido um dos patriarcas da revolução científica que ocorreu (BEST, 2015). Dessa forma, o cientista traz duas descobertas de Stahl que considera verdades eternas, independentes de qualquer hipótese ou sistema: os metais são combustíveis (a calcinação é uma combustão) e a propensão a queimar (ser inflamável) pode ser transmitida de um corpo para outro (BEST, 2015).

De acordo com Lavoisier, Stahl concebia o flogisto como um princípio pesado, no entanto, a sua teoria não explicava o aumento de peso em substâncias combustíveis que passavam pela queima ou calcinação (BEST, 2015). No sistema de Stahl, o flogisto, que era um princípio pesado, escapava dos metais quando estes calcinam e das substâncias combustíveis que queimam, devendo perder o seu peso em vez de ganhar (BEST, 2015). Lavoisier afirmou que todos os discípulos de Stahl omitiram esse problema, como foi o caso de Macquer em seu *Dicionário da Química* e de Baumé (1728-1804) em *Chymie expérimentale et raisonnée* (BEST, 2015).

Baseado nos experimentos de Baumé, Lavoisier investigou o processo de redução metálica e notou a emissão de um gás por efervescência, um tipo de fluido elástico (BEST, 2015). Ao finalizar as reações, Lavoisier chegou a uma conclusão:

Durante o verão daquele mesmo ano, ocupei-me com experimentos na direção oposta - na calcinação de metais pela queima de vidro em quantidades conhecidas de ar. Observei que nesses processos o volume de ar diminuía à medida que o metal se calcinava e o peso pelo qual o metal aumentava era exatamente igual ao da quantidade de ar que havia desaparecido. Impossível não concluir desses fatos que o aumento de peso dos calcários metálicos se deu pela fixação de uma porção do ar que se combina com o metal à medida que ele calcina. O detalhe dessas experiências foi objeto de muitos artigos que apresentei à Academia em 1773 e que reuni em um volume in-oitavo, sob o título de *Essays Physical and Chemical*, publicado

em dezembro daquele ano (BEST, 2015, p. 143, grifo do autor, tradução nossa).

Lavoisier descreve esse experimento como a prova concreta que a teoria do flogisto de Stahl e seus sucessores estava equivocada, afinal, segundo ele

Não apenas demonstrei que o aumento de peso era uma das pré-condições de todas as calcinações metálicas, mas também provei que essa mesma lei ocorre nas combustões - que o enxofre, o fósforo e todas as substâncias combustíveis em geral aumentam de peso durante a queima e que esse aumento foi devido à combinação com (fixação do) ar.

Esses novos fatos perturbaram tanto o sistema de Stahl quanto o de Baumé (BEST, 2015, p. 143, tradução nossa).

O cientista atesta que o flogisto de Macquer, mesmo como uma teoria reformulada, ainda não conseguia explicar a causa do aumento de peso na calcinação de metais, mesmo ainda sendo afirmado que o flogisto tem peso imperceptível, afinal, nessa situação, não deveria haver nem aumento ou diminuição do peso (BEST, 2015). Além disso, não era concebível afirmar que a luz tenha um peso (BEST, 2015). O flogisto de Priestley também é rejeitado por Lavoisier, pois este último descreve o flogisto, enquanto substância para Priestley, como sendo incapaz de penetrar ou passar pelas paredes dos recipientes, devendo permanecer onde ocorria a reação (BEST, 2015). Lavoisier descreve que as próprias teorias flogísticas entram em contradição entre si, pois hora o flogisto tem peso, ora este não era perceptível, ora essa substância passa pelos poros dos recipientes, hora não (BEST, 2015). Essa postura sempre coloca essa entidade numa posição incômoda e problemática, como complementa (BEST, 2015). A respeito do flogisto ser o princípio da cor, Lavoisier lembra que os calcários metálicos tornam-se mais coloridos quanto menor for a quantidade de flogisto, como é o caso da cal de chumbo que inicialmente era cinza, mas ao calcinar, torna-se amarela ou vermelha, assim, as calces metálicas não são metais desprovidos de flogisto, configurando mais uma contradição dessa teoria, como dispõe Lavoisier (BEST, 2015).

No que se refere ao flogisto como princípio do sabor e da causticidade, Lavoisier pontua o fato dos metais, que possuem muito flogisto, serem insípidos em vez de cáusticos, como deduz o sistema stahliniano (BEST, 2015). As calces metálicas, que não devem possuir flogisto, deveriam estar em estado terroso, insolúveis em água e não ter sabor, porém, durante a calcinação, os metais obtêm aspecto salino, sendo corrosivos e solúveis em água (BEST, 2015).

Em resumo, Lavoisier conclui que

Todas essas reflexões confirmam o que eu propus, o que eu pretendia provar, o que vou repetir novamente - que os químicos fizeram do flogisto um princípio vago que não é rigorosamente definido e que, consequentemente, se adapta a todas as explicações em qual deles quer forçá-lo. Às vezes esse princípio é pesado, às vezes não; às vezes é fogo livre, às vezes é fogo combinado com um elemento de terra; às vezes passa pelos poros dos vasos, às vezes são impermeáveis a ele. Explica ao mesmo tempo causticidade e não causticidade, transparência e opacidade, cores e ausência de cor. É um verdadeiro Proteus que muda de forma a cada instante (BEST, 2015, p. 149, tradução nossa).

A maioria dos partidários de Stahl, segundo as palavras de Lavoisier, tentavam corrigir essas falhas ou então escondê-las, mas, no fim, não davam conta de sustentar a natureza de uma entidade que se mostrava tão falha. Contudo, utilizando a analogia de Maar (2008), nos tempos modernos, o geocentrismo de Ptolomeu está provado como sendo incorreto, porém, foi embasando-se nessa teoria que Johannes de Sacrobosco produziu o *Tratado da Esfera*, utilizado por navegadores para chegarem às Índias. Maar (2008) descreve que o geocentrismo foi um modelo ou teoria errada, mas útil, assim como a teoria do flogisto, que foi errada, mas útil ao progresso da química.

Lavoisier aparentava estar convicto em suas descobertas, isso reflete tanto na refutação do flogisto, como na sua concepção de natureza do calor. O cientista se preocupa em expor uma teoria da combustão baseada no princípio do oxigênio (BEST, 2016). Para isso, parte da existência de um fluido sutil e sua capacidade de penetrar corpos porosos (BEST, 2016). Ao analisarmos os estudos filosóficos que emergiram da coleta de dados, pudemos notar que essa entidade, mais tarde conhecida como calórico ou calor, possui caráter hipotético semelhante ao flogisto (BEST, 2015; CHANG, 2010; KIM, 2008; 2011). É daí que manifesta-se a polêmica que buscamos detalhar: o flogisto, enquanto entidade hipotética e tão criticada pelos lavoisierianos, possui semelhança com o fluido sutil e também hipotético de Lavoisier?

Na seção seguinte, articularemos discussões filosóficas dos textos encontrados na coleta de dados a fim de descrever a natureza de cada uma dessas entidades e compreender essa polêmica entre o flogisto e o calórico de Lavoisier. Para isso, dividiremos em duas subseções: o flogisto enquanto objeto, na qual serão exploradas compreensões ontológicas sobre o fogo, calor e flogisto; e o flogisto enquanto exemplo, na qual apresentaremos discussões de outros autores que

manifestam concordância e discordância com as ideias apresentadas na seção anterior.

O flogisto enquanto objeto: aspectos filosóficos

Antes de iniciarmos a discussão deste subtópico, reiteramos que este trabalho não tem o objetivo de discutir a Revolução Química - assim denominada por autores da história e filosofia da ciência -, afinal, existem diversos contrapontos à ideia de que o flogisto participou desse momento histórico assumido por outros estudiosos e que Lavoisier não seria a única figura que abriu caminhos para esse momento de ruptura na ciência do século XVIII (AKEROYD, 2008; KIM, 2008; 2011; CHANG, 2010; LEFÈVRE, 2012). A noção de uma suposta revolução química que tem como protagonista um herói que reformulou diversas áreas, como dispõe Maar (2008), deve ser esquecida.

É necessário, portanto, ter em mente que a história não é feita apenas por grandes vultos, homens notáveis e cultos a personalidades. Isso nos coloca diante de complexa discussão teórica no que diz respeito ao papel do indivíduo na história. Afinal, quem faz história, o indivíduo ou as forças coletivas, econômicas e sociais? (KLUG, 1988, p. 49).

Contudo, ainda sim, apresentaremos alguns apontamentos sobre esse suposto momento na ciência, visto que para os autores retratados tanto nesta subseção quanto na próxima, argumentar sobre a ontologia do flogisto requer também citar alguns pontos dessa suposta revolução.

Dentre os textos encontrados na coleta de dados, Chang (2010) e Kim (2008; 2011) apresentaram discussões questionando a natureza do flogisto e do calórico. Alguns estudiosos daquele século preferiam não ser adeptos a nenhuma dessas entidades, optando por suas próprias ideias a respeito da natureza do fogo elementar (CHANG, 2010). O flogisto era uma substância intrinsecamente associada ao fogo (CHANG, 2010; KIM, 2008; 2011). Kim (2008) descreve que esse fogo elementar, na concepção termométrica de Herman Boerhaave (1668-1738), era como partículas elementares sem peso que funcionavam como substância química ou flogisto, assim podendo se associar de forma instrumental com vidro em chamas. Robert Boyle (1627-1691) e Samuel Cotteureau du Clos (1598-1685) presumiam que o fogo era uma substância que participava das reações químicas e aumentava o peso dos corpos afetados (KIM, 2008). Louis Lemery (1677-1743) assumiu que

existiam dois tipos de fogo: o primeiro era como um princípio solvente, que penetra profundamente e separa substâncias essenciais, mas que não era tão eficiente ao dissolver corpos sólidos, ficando preso nestes, aumentando seu peso, como nas calcinações, sendo este o “fogo fixo” (KIM, 2008). O “fogo livre”, por sua vez, transpassava os corpos na forma de calor quando dilatados, dessa forma, os tipos de fogo de Lemery harmonizam os fenômenos do calor ao conceituar processos químicos e composição (KIM, 2008).

Kim (2011) explica que a concepção de corpo ou o objeto que os químicos investigavam sofreram transformações fundamentais no século XVIII, principalmente com a mudança das técnicas analíticas e das linguagens filosóficas. Um dos problemas percebidos, segundo a autora, foi a ontologia ambígua do flogisto e do fogo. Gabriel-François Venel (1723-1775) afirmou que os químicos percebiam o fogo de duas formas distintas, uma como o princípio que entrava na composição dos corpos (enxofre, princípio sulfuroso, princípio oleoso, princípio inflamável, terra inflamável etc.), e outra como um princípio particular, puro e elementar, chamada flogisto por Stahl (KIM, 2011). Como princípio do calor, esse fogo foi usado como instrumento ou agente universal em reações químicas (KIM, 2011).

Citando seu efeito destrutivo, os "detratores da química" argumentaram que o fogo confundia e desnaturava a composição interior do corpo. A ontologia química do fogo como princípio dos corpos deriva da análise da destilação e da química do vidro ardente, enquanto a ontologia física do fogo como causa do calor se desenvolveu em conjunto com a termometria (KIM, 2011, p. 207-208, tradução nossa).

As divergências entre as concepções de princípios elementares e fogo dos químicos e dos filósofos criou um dilema para os cientistas do século XVIII que procuravam apresentar a química como um conhecimento racional sistematizado e filosoficamente aceitável (KIM, 2011).

Dos cientistas que aceitaram a ideia do fogo como um solvente, um fogo livre ou fixo, Geoffroy, mesmo não citando as contribuições de Lemery, afirma que compreender o fogo como um solvente foi de suma importância para estabelecer um entendimento teórico uniforme do sistema modelo na química de soluções (KIM, 2008).

Kim (2008) argumenta que a natureza do fogo moveu interesses pois se tratava do principal meio de transformação química e o instrumento que a natureza, em geral, utiliza nas operações que executa sobre os seres materiais. “Em outras

palavras, o fogo era o instrumento natural mais difundido e eficaz que os químicos comandavam para sondar os segredos internos da natureza” (KIM, 2008, p. 41, tradução nossa).

O fogo tido como um princípio que entra na composição dos corpos foi denominado flogisto por Stahl (KIM, 2011). Um flogistonista popular no *Jardin du Roi*, Guillaume-François Rouelle (1703-1770), buscou entrelaçar a noção fisicalista de fogo de Boerhaave e essa noção química de flogisto de Stahl, assim alterando a teoria hierárquica de composição de Stahl e descrevendo quatro elementos-princípios (fogo ou flogisto, ar, água e terra) que constituíam níveis elevados de composição dos compostos (KIM, 2008; 2011).

Rouelle compreendeu o fogo como um instrumento de ação química que quebrava moléculas e agregados, mas sem que penetrasse o nível mais íntimo da composição, dessa forma, identificou o princípio inflamável ou flogisto como uma mistura feita de fogo e outro princípio (KIM, 2008). “Em suma, Rouelle procurou construir uma ontologia do fogo que funcionasse como flogisto nas operações químicas e como matéria do fogo em outras concepções instrumentais e discursivas” (KIM, 2008, p. 43, tradução nossa).

Macquer, por outro lado, endossou a noção de quatro princípios (fogo, água, terra e ar) como sendo limites da análise química, e não elementos aristotélicos, como era o caso de Rouelle (KIM, 2008; 2011). Partindo das ideias de Lemery, Macquer separava o “fogo puro”, que agia entre os corpos como forma de separação em partes, do “fogo fixo”, este que era o “princípio inflamável, princípio do enxofre ou flogisto” (KIM, 2008; 2011). O fogo puro/elementar, incorporado numa concepção termométrica, era o que adentrava e dilatava os compostos para definir um equilíbrio, tornando-o fluido, por isso também chamado de princípio da fluidez (KIM, 2008). O fogo fixo para Macquer, por outro lado, não possibilita a passagem de calor ou luz alguma ao corpo que estava ligado, nem o tornava fluido, contudo, poderia ser levado de um corpo para outro (KIM, 2008). Isso torna aceitável, segundo Kim (2008), que fosse algum tipo de combinação do fogo elementar com outro princípio. Não havia como isolá-lo na forma pura, mas essa combustibilidade de um corpo demonstrava a existência de flogisto em sua composição, assim, o fogo fixo de Macquer assimilou a ideia tradicional de flogisto (KIM, 2008).

Tanto Rouelle quanto Macquer tentavam reestruturar os diversos significados de flogisto que eram elaborados em variados contextos instrumentais, teóricos,

filosóficos e discursivos (KIM, 2008; 2011). Kim (2008) salienta que separados, cada um dos conceitos poderia ser delineado em circunstâncias instrumentais específicas de exame químico, mas misturados textualmente, essas concepções de fogo e flogisto se transformaram em uma extensa lista de significados rudimentares que descaracterizaram aos poucos sua singularidade.

O mais problemático eram as características divergentes da (sem peso) 'matéria do fogo' medida pelo termômetro e (pesando) o flogisto como uma substância química. Foi necessário um novo conjunto de práticas instrumentais em química pneumática para resolver os limites da representação em relação ao fogo/flogisto (KIM, 2008, p. 44, tradução nossa).

Chang (2010) e Kim (2008; 2011) refletem que, ao contrário do que se pensa, o flogisto não foi simplesmente substituído pelo oxigênio de Lavoisier²³, mas há uma relação direta entre o flogisto e o calórico.

É nesse ponto que surge a polêmica que destacamos no que se refere à essência do objeto. De acordo com a explicação de Lavoisier, o aquecimento de um corpo, seja sólido ou fluido, gera o aquecimento deste em todas as dimensões, fazendo-o ocupar um volume maior (BEST, 2016). Conforme o aquecimento cessa, o corpo tende a voltar nas mesmas dimensões iniciais na mesma velocidade com que esfria caso a temperatura inicial seja novamente atingida (BEST, 2016). Nesse sentido, o cientista descreve que os corpúsculos da matéria não se tocam, uma vez existindo entre eles uma distância que o calor aumenta e o frio diminui (BEST, 2016).

Nas palavras Lavoisier,

Difícilmente alguém pode conceber esses fenômenos, exceto admitindo a existência de um fluido sutil, cuja acumulação é a causa do calor e a ausência da qual é a causa do frio. Sem dúvida é esse fluido que se aloja entre as partículas da matéria, que as separa e que ocupa o espaço deixado entre elas. Junto com a maioria dos físicos, chamo esse fluido (seja lá o que for) de fluido ígneo, a matéria do calor e do fogo (BEST, 2016, p. 4, tradução nossa).

Chang (2010) e Kim (2008; 2011) apontam uma semelhança entre a natureza do fluido ígneo de Lavoisier e o flogisto dos seguidores de Stahl. É como se as duas entidades tivessem a mesma ação de adentrar ou fazer parte dos corpos que sofrem algum tipo de reação, apesar de algumas dessemelhanças (CHANG, 2010; KIM, 2008; 2011). É como se Lavoisier, ao substituir o flogisto pelo calórico (chamado de

²³ Ressaltamos aqui que esta não foi uma descoberta unicamente de Lavoisier, mas outros cientistas estão envolvidos nisso, como os próprios flogistonistas Priestley e Cavendish, já mencionados no texto.

fluido ígneo na citação acima), ainda não tivesse superado o caráter imaginário das substâncias, afinal, afirma

Não nego que a existência desse fluido seja, até certo ponto, hipotética. Mas supondo que seja uma hipótese (que não está rigorosamente provada), é a única que sou obrigado a colocar. Os partidários da doutrina do flogisto não são mais sofisticados do que eu nesse ponto e, se a existência do fluido ígneo é uma hipótese, ela é comum tanto ao sistema deles quanto ao meu (BEST, 2016, p. 4, tradução nossa).

Ao trazer o calórico para substituir o flogisto, não mudou o estatuto ontológico do flogisto, ou seja, era uma substância imaginária, só que com outro nome, conservando a essência. É aqui que Chang (2010) e Kim (2008; 2011) defendem não ter havido uma revolução.

Segundo Maar (2008), se assumirmos um ponto de vista epistemológico, defender alguma coisa que só é possível ser provada por intermédio do efeito que causa não é uma compreensão tão desconhecida, afinal, toda a ciência trabalha pautada nas leis da termodinâmica sem duvidar, porém, não podem ser demonstradas, sendo tidas como verdadeiras por conta de suas consequências. É nesse mesmo *status* epistemológico que o flogisto se insere, segundo Maar (2008).

Chang (2010) destaca que o calórico, objeto teórico de Lavoisier, era tão inobservável ou hipotético quanto o flogisto. Lavoisier entendia esse fluido ígneo (matéria do fogo) como um agente que separa continuamente os corpúsculos e que obedece a uma lógica newtoniana quanto ao estado que o corpúsculo se encontra, seja sólido, líquido ou aeriforme (BEST, 2016). O cientista especifica os tipos de fluidos ígneos, dentre eles, o princípio do calor, que pode ser “calor combinado” ou “fogo combinado” a porção ligada a uma substância e que não pode ser removida sem decompô-la, e pode ser “calor livre”, aquele que não está envolvido em uma combinação, ambos podendo passar de um estado para o outro (BEST, 2016).

Dentre todas essas semelhanças, Kim (2011) critica o fato de Lavoisier ter substituído o flogisto na equação do peso pelo calórico (fluido ígneo) para definir uma equação paralela que justificaria o calor envolvido na ação química. A autora, assim como Chang (2010), esclarece que historiadores rebatem a sabedoria de Lavoisier visto que substituiu uma substância inconcebível e imaginária por outra, principalmente por ter se confundido quanto à sua natureza. Kim (2011) afirma que isso ocorreu pois o cientista se pautou num dado macroscópico da realidade, sendo cauteloso ao explicar que “as partículas de todos os corpos podem ser consideradas

como submetidas à ação de duas forças opostas, uma repulsiva e outra atrativa, entre as quais elas permanecem em equilíbrio” (KIM, 2011, p. 213, tradução nossa). Afinal, o cientista pontuava ser “difícil compreender esses fenômenos, sem admiti-los como efeitos de uma substância real e material, ou fluido muito sutil’, que ele chamava de calórico” (KIM, 2011, p. 213, tradução nossa).

Dentre outras contradições, reside ainda a declaração de Lavoisier que o flogisto, como uma substância imaginária, não se encaixava na visão nova da química alicerçada em medições métricas e representações algébricas (KIM, 2008). Contudo, o próprio cientista concebia seu fluido ígneo como hipotético, contudo “calculável” (KIM, 2008; BEST, 2016). O flogisto ressurgue como calórico nos estudos de Lavoisier, sendo este um fato não considerado e que passa despercebido por historiadores (MAAR, 2008).

Outro elemento contraditório em Lavoisier, segundo destaque de Richard Kirwan, era que sua teoria fazia críticas ao flogisto, contudo, ao Cavendish reestruturar essa entidade e corrigir algumas falhas, os apontamentos de Lavoisier já não faziam mais sentido (CHANG, 2010). Essa métrica e álgebra de Lavoisier é questionada por Kirwan, pois se o todo é provado por peso e medida, porque é necessário recorrer a um princípio hipotético, que não pode ser provado e em algumas situações é pesado e outras não tem peso? (KIM, 2011).

Levando em conta todas essas discussões ontológicas, Kim (2008; 2011) sustenta que não há como defender que houve uma revolução na química. Alguns autores, como Debus (1991) e Maar (2008), mencionam o decorrer do século XVIII como o caminho de uma revolução científica encabeçada por Lavoisier. Thomas Kuhn²⁴, filósofo da ciência, produziu estudos sobre revoluções científicas, uma vez que a ciência passa por períodos normais, com cientistas adotando algum paradigma, e outros períodos extraordinários da ciência, nos quais existem anomalias que os paradigmas anteriores não conseguem dar conta (VALERO; LEONARDO JUNIOR; MASSI; GOMES, 2022). Dentre essas revoluções assumidas por Kuhn, a Revolução Química é uma delas (KIM, 2008; 2011; CHANG, 2010). O filósofo definiu essa revolução como um exemplo famoso de uma mudança de paradigma ou revolução na ciência, afinal, o caso da revolução de Lavoisier é um tipo de mudança de paradigma nas ciências (KIM, 2008; 2011). Contudo, Chang

²⁴ Para uma compreensão detalhada da teoria de Thomas Kuhn, recomendamos a consulta ao artigo de Valero, Leonardo Júnior, Massi e Gomes (2022).

(2010) não concorda com a denominação de Kuhn quanto a superação de um paradigma por outro, como o flogisto pelos estudos de Lavoisier, pois parece que não existem motivos convincentes sobre o porquê um cientista deve ou não seguir um ou outro dentre os paradigmas opostos.

É possível argumentar que quando uma luta revolucionária na ciência chega a uma resolução no triunfo de um paradigma sobre outro, esse acordo é gerado porque o paradigma vencedor é superior ao perdedor em termos de valores de alguns desses paradigmas superparadigmáticos.

Simplicidade é um valor epistêmico que tem sido invocado repetidamente nas tentativas de explicar a Revolução Química. Superficialmente, é bastante atraente a noção de que a teoria de Lavoisier venceu porque era inerentemente mais simples do que a teoria do flogisto. A versão mais grosseira dessa ideia diz que a teoria do flogisto complicou desnecessariamente as coisas ao postular a existência de uma substância inobservável, o flogisto. Mas isso é, novamente, ignorar o fato de que Lavoisier teve que postular a existência de uma substância igualmente inobservável, calórica (CHANG, 2010, p. 56-57, tradução nossa).

Kim (2011) explica que a abordagem de Kuhn, embasada numa lente histórica direcionada para as atividades de pesquisa, apresentou a revolução científica como um processo competitivo entre o velho e o novo paradigma para dar um esclarecimento mais atrativo para uma comunidade de praticantes. O flogisto não era um programa de pesquisa, mas uma substância química definida por uma quantidade de ações química ligadas, não disponibilizando uma estrutura teórica alicerçada e abrangente para a química anterior à Lavoisier (KIM, 2011). O próprio Kuhn compreende a dificuldade envolvida em definir qual foi o melhor lado nesse episódio histórico (CHANG, 2010). Na concepção de Chang (2010), nenhuma teoria do método científico conseguiu explicar o episódio que grande parte dos filósofos da ciência entendeu ser a Revolução Química, como o próprio Kuhn, com exceção das ideias lakatosianas de Musgrave.

Partindo de uma visão lakatosiana, Chang (2010) defende que a visão de Alan Musgrave, filósofo contemporâneo, é o melhor tratamento filosófico sobre a Revolução Química. Segundo Chang (2010) e Kim (2011), Musgrave, respaldado na metodologia de Imre Lakatos de programas de pesquisa científica, consegue delinear filosoficamente o episódio científico do século XVIII. Musgrave definiu a teoria do flogisto como um programa de pesquisa que coordenou o estado atual da pesquisa até que um programa de pesquisa melhor passou a existir (KIM, 2008; 2011). O filósofo descreve que o programa de pesquisa deixou de ser progressivo e

o programa do oxigênio continuou sendo progressivo (CHANG, 2010). Esse progresso se refere à produção de novas previsões bem-sucedidas, e o lógico para os cientistas é escolher o programa que se enquadra nesse progresso (CHANG, 2010). Segundo o autor, a abordagem de Musgrave afirma que o programa de pesquisa do flogisto já não era progressivo a partir de um certo ponto, e o programa de pesquisa do oxigênio ainda era progressivo, sendo esse progresso a criação de outras previsões bem-sucedidas. Chang (2010) pontua que Musgrave definiu o momento exato em que um programa se tornou menos progressivo, sendo este quando Priestley, em 1783, previu que o calcário metálico seria reduzido a metal brilhante (teria voltado a sua forma original), por intermédio do aquecimento em ar inflamável, sendo este ar na visão do químico, o flogisto. Por mais que o programa de pesquisa do flogisto não tivesse sido eliminado nesse ponto, Musgrave reitera que não é correto manter um programa de pesquisa degenerado da maneira que estava, sendo racional para os químicos da época deixar esse programa do flogisto posterior à 1783, como foi o que ocorreu, restando apenas Priestley e Cavendish como os únicos defensores desta entidade (CHANG, 2010). Kim (2008, p. 30, tradução nossa) destaca que “Embora esses modelos filosóficos da Revolução Química concedam um nível de racionalidade aos flogistonistas, eles ainda giram em torno da “derrota” final da teoria do flogisto”. A autora pontua que esses modelos filosóficos não consideram o fato histórico de que o flogisto não proporcionava um enquadramento teórico geral para a química antes de Lavoisier. Tratava-se de uma entidade relativamente comum relacionada com muitas ações químicas (2008; 2011). É destacado por Kim (2011) que historiadores afirmam que o flogisto não ofertou uma estrutura teórica geral para a química pré-lavoisieriana (2008; 2011). Na perspectiva da autora, talvez fosse até possível usar uma parte das ideias de Kuhn para explicar a relevância do flogisto nesse contexto. Kuhn levantou questões sobre a descoberta do oxigênio pois afirmava que a descoberta de um novo fenômeno é um feito muito complexo (KIM, 2011).

A 'descoberta' do oxigênio exigiu não apenas uma nova interpretação dos dados existentes, mas uma mudança de paradigma que obrigou os químicos a procurar diferentes tipos de dados e/ou uma nova forma de avaliá-los. A suposta “incomensurabilidade” entre os velhos e os novos paradigmas-com-teorias causou grande ansiedade entre os filósofos da ciência preocupados com o relativismo. Se desejamos discernir critérios racionais ou comunais flexíveis através da divisão revolucionária, no entanto, precisamos nos concentrar na função da “teoria” química na classificação e racionalização das operações

químicas. Ao prestar atenção etnográfica ao que os químicos consideravam uma teoria e como eles constituíam seus objetos de investigação com um determinado conjunto de instrumentos, podemos desmistificar a percepção de Kuhn sobre a “incomensurabilidade” perceptual para reconhecer os critérios variáveis na identificação de espécies químicas. (KIM, 2011, p. 202-203, tradução nossa).

Scerri (2022) também não é favorável às revoluções, pois entende que evidenciar a continuidade no desenvolvimento científico possui uma relevância quando relacionada com o incremento de novos passos nesse desenvolvimento, mas discorda quando esse desenvolvimento é tido como rupturas kuhnianas ou revoluções. Scerri (2022) faz uma análise sobre o conceito de acidez de Chang, pois reconhece no estudioso uma certa afeição com as ideias de Kuhn por utilizar noções como ruptura para mudanças conceituais e históricas, além disso, afirma que Chang tem um olhar nostálgico paralelo em relação a entidades como o flogisto. Para o autor, “[...] parece que Chang também pode estar do lado de Kuhn no caso da acidez, ao escolher focar na ruptura, enquanto ele também escreveu com frequência sobre a virtude de reter termos científicos” (SCERRI, 2022, p. 392, tradução nossa). Scerri (2022) não faz uma discussão aprofundada sobre o flogisto, mas cita esta entidade no momento que faz algumas considerações sobre Chang.

O filósofo, segundo Scerri (2022), declara que termos, como flogisto, não foram de fato esquecidos, mas passaram por transformações, tornando-se novos conceitos que permanecem úteis. Entretanto, tanto Scerri (2022), quanto Kim (2008; 2011) e Chang (2010) não reconhecem que houveram revoluções assim como dispostas por filósofos da ciência, como Kuhn, apesar de Chang (2010) hora ou outra, em seu texto, mostrar afeição à algumas ideias do estudioso e de Lakatos.

Compreendido os questionamentos ontológicos esboçados por Kim (2008; 2011) tanto sobre o flogisto e o calórico, quanto a respeito da veracidade da suposta Revolução Química, também criticada por Scerri, na próxima subseção, destacamos o flogisto como um exemplo.

O flogisto enquanto exemplo: aspectos explicativos

Nesta subseção, elencamos os autores que utilizam da teoria do flogisto enquanto exemplo, como outros citados ao longo de seus textos, para produzirem discussões específicas. Pontuamos que essa teoria não é o foco principal dos

artigos, sendo citada de maneira sucinta para construir e sustentar suas argumentações. Akeroyd (2008), ao sistematizar os tipos de explicações na disciplina de química, situa que mesmo o sistema de Lavoisier tendo triunfado sobre o sistema flogístico com base em resultados empíricos e argumentos sofisticados, sistemas neoflogísticos, como o de Richard Kirwan, eram empiricamente tão adequado quanto o de Lavoisier. Isso corrobora com o que Kim (2008; 2011) apresenta em seus artigos, visto que essa equivalência entre teorias descaracterizaria essa ideia de revolução imposta por historiadores.

Akeroyd (2008, p. 40, tradução nossa) interpretou “este episódio como sendo filosoficamente importante porque é um dos primeiros exemplos de cientistas usando a metodologia de Resolução de Problemas Conceituais de Larry Laudan como uma ferramenta na avaliação de teoria”. O autor destaca que os estudos de Paul Thagard, o modelo de explicação científica tem caráter dedutivo-nomológico Hempeliano, ou seja, nesse modelo, “uma explicação responde a uma pergunta *por que* por meio de um argumento no qual as premissas são um conjunto de leis e condições iniciais e a conclusão decorre dedutivamente das premissas” (AKERROYD, 2008, p. 40, grifo nosso, tradução nossa). Contudo, o autor não concorda com a associação desse tipo de explicação com a via mecanicista.

Ao detectar um problema partindo da teoria dos ácidos, Lavoisier e Laplace buscavam explicações e interpretações para algumas reações que liberaram hidrogênio (AKERROYD, 2008). Conforme Lavoisier tentava resolver o problema empírico do estilo Laudan, criou um problema conceitual também no estilo Laudan (AKERROYD, 2008). Kirwan, desdenhou desse tipo de abordagem, pois acreditava já haver leis consolidadas para alguns tipos de reações, ou seja, havia um padrão nas reações que não precisaria mais ser questionado, segundo Akeroyd (2008), Kirwan adotou uma explicação clássica Hempeliana do fenômeno, uma forma mecanicista. Como pode-se notar em Chang (2010) e Kim (2011), Kirwan mantinha relações de discordância com Lavoisier no que se refere às teorias, como as que referem-se aos ácidos e à água. Antoine François de Fourcroy (1755-1809), por outro lado, adotou um tipo de explicação do mesmo fenômeno ao longo das linhas do caminho partindo da visão dedutiva, ou seja, mesmo com acontecimentos previstos antes da reação acontecer, estabeleceu outros caminhos que a reação poderia tomar (AKERROYD, 2008). Como pontua o autor,

Não é suficiente conhecer as condições iniciais de partida e as leis gerais da natureza: cada reação química é uma sequência de reação individual na qual os reagentes são transportados para o local da reação e os produtos (incluindo produtos intermediários) são transportados para longe. A via aparentemente mais natural (conforme previsto pela experiência de outras reações semelhantes) pode naufragar no fato de que as solubilidades de intermediários semelhantes podem variar amplamente e, assim, bloquear o uso de uma via aparentemente energeticamente favorável, enquanto encoraja o uso de uma via aparentemente menos esperada. O papel das “leis da natureza” e das “condições iniciais” é simplesmente restringir o número de caminhos potenciais em um conjunto administrável de um ou mais, não impor um único resultado (AKERROYD, 2008. p. 43-44, tradução nossa).

Em suma, Akeroyd (2008) utiliza do episódio de embate entre Kirwan e Lavoisier como exemplo para explicar os tipos de explicações estruturadas tanto numa lógica mecanicista quanto dedutiva Hempeliana.

Lefèvre (2012) usufrui do episódio do flogisto para analisar a química por intermédio de suas maneiras de classificação. A química, para Lefèvre (2012), é uma ciência que trabalha com milhares de substâncias diferentes que necessitam ser identificadas e sistematizadas, por isso a prática de classificação é tão necessária para esse campo. Segundo o autor, investigar as formas de classificação do passado é um excelente caminho para delinear a história da química. Como exemplo, concentra-se na química do século XVIII e no sistema antiflogístico de Lavoisier.

As tabelas, como Lefèvre (2012) comenta, são os primeiros sistemas taxonômicos de substâncias químicas na história que classificam a partir da composição das substâncias, sendo assim um marco na história da química. Em uma nota de rodapé no trecho que Lefèvre (2012) faz essa discussão, o autor pontua que o termo “marco” não quer dizer uma ruptura drástica com o passado, ao contrário do que pensa Bensaude-Vincent. Os blocos das tabelas eram unidos a partir das afinidades químicas eletivas dos compostos (LEFÈVRE, 2012). Ao apresentar a tabela de afinidades de Geoffroy e a tabela de classificação de Lavoisier, Lefèvre (2012) comenta que, mesmo pertencendo a sistemas químicos opostos, dois pares de classes são tidos como análogos, sendo a classe dos ácidos e calcários e a classe de bases acidificáveis e metais. Assim, os dois tipos de ordem taxonômica que fazem referência a dois sistemas diferentes podem ser traduzidas uma na outra, pois os dois sistemas divergem apenas nos compostos com oxigênio ou flogisto (LEFÈVRE, 2012).

Nesse momento, o autor levanta críticas à Kuhn, assim como Kim (2008, 2011), salientando que

Se alguém seguir Thomas Kuhn ao tomar estruturas taxonômicas como um padrão para julgamentos sobre revoluções científicas,¹⁹ pode-se concluir a partir dessa traduzibilidade das duas estruturas taxonômicas que a *Revolução de Lavoisier* não foi uma revolução científica em termos da teoria de Kuhn. Se os tipos de uma estrutura taxonômica podem ser traduzidos de forma inequívoca e inequívoca em tipos da outra, nenhuma incomensurabilidade parece ser dada. Em todo caso, essa traduzibilidade nos permite determinar com mais precisão o que a *Revolução de Lavoisier* implicou (LEFÈVRE, 2012, p. 35, grifo do autor, tradução nossa).

Dessa maneira, é reconhecido que ao lado dos sistemas químicos flogísticos e antiflogísticos, existia uma estrutura conceitual compartilhada que se manteve intocada nessa suposta revolução de Lavoisier (LEFÈVRE, 2012). Essa afirmação do autor vai ao encontro do que já foi discutido na subseção anterior, uma vez que tanto o flogisto quanto o calórico de Lavoisier tinham o mesmo estatuto ontológico (KIM, 2008; 2011). Por isso, Kim (2008; 2011), Chang (2010) e Lefèvre (2012) concordaram que não houve uma revolução de fato em todos os termos.

[...] na classificação das substâncias químicas puras que se desenvolveu no início do período moderno, encontramos uma estrutura ontológica profunda do pensamento químico que era notavelmente estável. Com relação a essa estrutura ontológica profunda, nenhuma revolução ocorreu no final do século XVIII (LEFÈVRE, 2012, p. 36, tradução nossa).

Ao analisarmos o discurso de Eberhart (2002), notamos que há uma discordância das compreensões do autor e do que é afirmado tanto por Akeroyd (2008) e Lefèvre (2012), quanto por Chang (2010) e Kim (2008; 2011) no que se refere à revolução química. Eberhart (2002) se dedica a pontuar que o desenvolvimento da mecânica quântica passa por obstáculos comprometedores quando se considera as descrições convencionais de ligações químicas. Para exemplificar esse suposto problema, o autor recorre ao flogisto como um obstáculo para a química contemporânea. Isso vai de encontro com o que os autores supracitados afirmam sobre esta entidade. Chang (2010), Kim (2008, 2011), Akeroyd (2008) e Lefèvre (2012) apresentam uma visão remodelada quanto ao flogisto e o calórico de Lavoisier, visto que estas entidades possuem o mesmo estatuto ontológico, promovendo questionamentos sobre a real existência de uma revolução química ou não, afinal, o flogisto não foi superado por uma noção de materialidade.

Eberhart²⁵ (2002), por sua vez, ao utilizar o flogisto como um exemplo no seu estudo, sustenta a ideia de que esta substância foi um percalço para o desenvolvimento da química que conhecemos hoje. Entretanto, Maar (2008) faz afirmações contrárias, pois defende que a teoria do flogisto não pode ser simplesmente tida como falha, pois assim como outras, é detentora de hipóteses e linhas de raciocínio, coerência interna, mesmo que apresentando problemas. Maar (2008) discorre que não é um sistema elaborado por uma mente alienada, nem deturpação de ideias que emergiram do acaso. Trata-se de um artefato do século XVIII, assim como o calórico, as partículas de luz e as substâncias causadoras da eletricidade e magnetismo (MAAR, 2008).

Levando em conta uma perspectiva geral, destacamos que compreender as bases filosóficas dos autores encontrados neste estudo demandaria o uso de uma meta-análise para suprir possíveis interpretações equivocadas nossas sobre quais os referenciais teóricos se pautam, seja numa perspectiva relativista ou racionalista. Por mais importante que seja demonstrar a posição dos autores sobre a existência (ou não) do flogisto, também torna-se relevante compreender qual a concepção que esses autores estão tomando sobre a realidade diante desse debate feito.

Existem elementos nas discussões desses estudiosos que apontam para indícios de qual concepção de realidade sustenta a medida que defendem ou não a existência do flogisto. Dessa forma, notamos que assumem perspectivas específicas sobre a ontologia da ciência para poder enunciar suas compreensões sobre o episódio do flogisto, contudo, não nos arriscamos definir ou sinalizar quais vertentes se posicionam, pois, mesmo sendo possível perceber alguns elementos que caracterizem alguns vieses, não é deixado claro e delimitado quais são suas bases filosóficas. Isso demandaria, como indicado anteriormente, uma extensão desta pesquisa, como a meta-análise, para assim interpretar o que não está definitivamente especificado em seus textos. Na possibilidade do leitor manifestar interesse de reconhecer quais referenciais os estudiosos embasam suas discussões, seja numa perspectiva racionalista ou relativista, destacamos o texto de Valero, Leonardo Júnior, Massi e Gomes (2022) que apresenta detalhadamente as

²⁵ Ao analisarmos o texto do autor, percebemos que a sua ideia sobre a teoria do flogisto destoa em alguns pontos do que outros autores apresentam sobre o flogisto. Como exemplo, apresentamos a seguinte citação de Eberhart (2002, p. 202, tradução nossa): “Essa teoria baseava-se nas aparências de que água, ar e fogo são elementos atômicos, e era senso comum que, quando uma substância queimava, seu peso diminuía à medida que os átomos de fogo escapavam. O fato de que o peso realmente aumentava durante a combustão era conhecido, mas amplamente ignorado.”

perspectivas de filósofos da ciência no que se refere a ontologia, ramo da filosofia que é perceptível na maioria dos artigos retornados na presente revisão sistemática.

Em suma, nas subseções filosóficas notamos a existência de aspectos em comum entre as ideias dos autores. Os resultados obtidos e divididos para essa seção apresentam, em sua maioria, artigos que concordam com a ideia de que o flogisto não foi uma entidade genuinamente problemática como se imaginava. Percebemos que articular as discussões históricas e filosóficas vai além de simplesmente aceitar a ideia de que o flogisto foi esquecido para dar lugar ao calórico e ao oxigênio. Enxergamos que a disputa teórica está repleta de mudanças para adequar a química em favor de cada objeto de estudo, contudo, a natureza ontológica se mantém constante, o que descaracteriza a ideia de revolução química defendida por Kuhn.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa de mestrado teve como objetivo compreender o desenvolvimento da teoria do flogisto no século XVIII, suas versões reformuladas e os motivos que levaram historiadores e filósofos da química a afirmarem que sua derrubada ocorreu pelo surgimento da teoria do oxigênio e do calórico. Para isso, fizemos uma revisão bibliográfica sistemática nos periódicos internacionais voltados para a história e filosofia da química *Hyle* e *Foundations of Chemistry* utilizando a palavra chave “phlogiston”. Após aplicarmos alguns critérios de seleção manuais, obtivemos 13 artigos que, seguidos de uma análise completa, foram separados entre textos com características históricas e textos com características filosóficas.

Investigando as listas de referências de cada um, notamos que alguns autores se citavam, sugerindo que se conheciam de alguma forma, seja possuindo relações mais próximas, como Hasok Chang e Mi Gyung Kim, seja pelo conhecimento dos trabalhos. Ao produzirmos uma sucinta descrição sobre o currículo de cada um dos autores, notamos que a maioria dedica sua carreira a estudos históricos e filosóficos da ciência e da química. Dentre os autores, Eric Scerri, Kim e Chang são editores das respectivas revistas analisadas.

Construindo as seções históricas, verificamos que o sistema flogístico não tem suas origens em Stahl, mas é oriunda desde o século XVII, com Becher sendo um dos nomes a elucidar. Como foi percebido, os cientistas se embasaram na visão aristotélica dos quatro elementos para elaborar suas teorias. Ao Stahl remodelar a teoria do flogisto, afirmando ser uma entidade presente em substâncias combustíveis ou calcináveis e liberada em reações, descreveu a existência de uma substância metafísica, mas que tinha interação direta com reações químicas da realidade.

A crença rigorosa dos cientistas do século XVIII no flogisto de Stahl possibilitou sua entrada na tabela de afinidades de Geoffroy, esta que foi usada como ferramenta de pesquisa e estudo de químicos iniciantes e praticantes. O flogisto foi assumido como princípio da inflamabilidade, passando a ter uma identidade teórica e operacional. A fama da tabela de afinidades de Geoffroy possibilitou o conhecimento do flogisto por toda a Europa, que foi adotado por seu sucesso empírico e terem teorias concorrentes que dessem conta de negá-la.

Conforme passava-se o tempo, problemas foram sendo reconhecidos nesta teoria, provocando um certo descontinuísmo reverberando em teorias flogísticas reformuladas. Muitos estudos avançaram por ser um sistema generalista, porém, os novos fatos empíricos já não conseguem ser explicados pela simplicidade desta teoria, por isso o surgimento de variantes do flogisto. O abalo nesta entidade e o surgimento de explicações concorrentes pode ter ocorrido por uma não unificação da linguagem científica naquele contexto, contudo, reiteramos que este poderia ter sido apenas um dos problemas que a teoria do flogisto carregava. A crítica feita pelos anti-flogistonistas do século XVIII se dá pela não análise de todas as propriedades e características das reações químicas que envolvem essa suposta substância. Isso agrava quando nas reações de calcinação há uma massa maior no final do processo. Atribuir um peso negativo a uma entidade hipotética e não tangível foi um dos pontos alarmantes para que os cientistas partidários de Lavoisier criticassem a natureza desta substância. Por mais que flogistonistas, como Macquer, Cavendish, Kirwan, Gren, Scheele e Priestley, tentassem, é comentado pelos autores que não conseguiram esconder tantas inconsistências desta entidade. Contudo, observamos que frentes de estudos, como a química pneumática e ácidos, ganharam espaço por intermédio das noções flogistonistas, por isso a importância de não se reconhecer o flogisto como um percalço para o desenvolvimento científico daquele período.

Lavoisier era detentor de duras opiniões sobre o flogisto. Apresentou um discurso para acadêmicos criticando esta substância e apresentando a sua teoria do calórico. O principal ponto criticado pelo cientista é a sua natureza hipotética, visto que em reações de calcinação havia o aumento de peso em vez de perda, uma vez que o flogisto escapava dos poros da substância. Enquanto apresentava falhas e problemas que viriam fazer com que a comunidade científica descreditasse do flogisto, produziu estudos sobre a natureza do calor, enunciado uma teoria própria do calórico, contraditoriamente, uma entidade hipotética.

O fogo foi objeto importante para desencadear esses estudos tanto sobre o flogisto quanto sobre o calórico. Era entendido como um instrumento mais eficiente utilizado pelos cientistas com o poder de auxiliar os segredos internos da natureza. Dessa forma, sugerimos que este foi um dos motivos que moveu Stahl a compreender sua natureza própria e desenvolver uma teoria que tal fogo tivesse participação.

Compreendemos que a teoria do oxigênio de Lavoisier não foi o que substituiu o oxigênio, assim havendo uma relação entre o calórico e flogisto. O calórico de Lavoisier possuía explicações embasadas na realidade macroscópica, porém, ao descrever a substância em si, afirmava ser um fluido sutil e hipotético. Percebemos que não houve transformação ontológica do flogisto, mudando apenas o nome, mantendo a essência. Diferentemente do flogisto, o calórico de Lavoisier poderia assumir diversas formas, sendo calor sensível, calor combinado, calor livre. Além disso, o cientista criticava o flogisto por não se encaixar numa visão nova da química pautada em medições e representações algébricas, no entanto, mesmo concebendo seu fluido sutil e hipotético como sendo calculável, os autores aqui trazidos afirmam que essa própria lógica não era tão respeitada pelo cientista.

Dentre as incoerências replicadas na teoria do calórico de Lavoisier, autores como Chang (2010) e Kim (2008; 2011) desacreditam da existência de uma revolução na ciência tão defendida pelos epistemólogos da ciência, Kuhn e Lakatos, pois declaram não haver elementos suficientes que provem que uma teoria substituiu outra, como programas de pesquisa. Eberhart (2002) não demonstrou ser partidário de alguma epistemologia da ciência, mas defende que a teoria do flogisto foi um obstáculo no desenvolvimento científico do século XVIII. No entanto, Lefèvre (2012) afirmam que esta teoria e as aplicações dadas a ela, como nas tabelas que foi inserida, são exemplos de método de classificação científico, afinal, são os primeiros sistemas taxonômicos de substâncias químicas na história que classificam a partir da composição das substâncias. Akeroyd (2008), por sua vez, descreve os discursos utilizados na defesa e acusação da teoria do flogisto como exemplos de discursos dedutivos e mecanicistas Hempelianos, visto que os argumentos utilizados nas defesas dos pontos de vista apresentam estruturas diferentes, segundo o autor.

Abarcando o que foi observado nesta revisão bibliográfica sistemática, compreendemos que o século XVIII, em relação ao campo da química, foi um período com mudanças de teorias, negações e desenvolvimento de teorias concorrentes. Afirmar que houve uma revolução na ciência/química nos leva a acreditar que ocorreu a negação de uma teoria em prol de outra por ser mais explicativa e aplicável. Analisando os elementos sobre o flogisto trazidos pelos autores, notamos que alguns entendem que se tratou de uma entidade com características que abriram caminho para novas áreas da ciência, como os estudos dos ácidos e pneumáticos. Em outras palavras, os autores salientam que houve uma

ontologia por trás do flogisto que o caracterizou como uma ferramenta de pesquisa que fazia parte da realidade dos cientistas da Europa.

Esta entidade, como afirmam Kim (2008; 2011) e Chang (2010), não era inferior ao calórico, afinal, ambas tinham características hipotéticas e metafísicas. A visão de Lavoisier sobre a química estava alicerçada numa ótica racional de medidas métricas e manifestava-se pela álgebra, estando o calórico imerso nessa visão, a qual o flogisto se manteve resistente e precisou ser eliminado, segundo Kim (2008).

Por mais que o flogisto não tenha resistido à ciência moderna, seu episódio ainda é pertinente, seja para evidenciar as formas de classificação que a ciência desenvolveu naquele momento ou os tipos de argumentação que os adeptos e contrários a uma teoria podem utilizar. Em suma, reiteramos a necessidade de não haver um negligenciamento da história e filosofia da ciência, pois, mesmo uma teoria tendo sido refutada, as teorias remanescentes não necessariamente são superiores e o episódio histórico não pode ser desprezado, afirmando haver uma evolução na ciência. Como exemplo, citamos as explicações que a teoria flogística de Kirwan conseguia dar sobre problemas na química enquanto que a teoria de Lavoisier era falha, uma vez que a teoria de Kirwan era empiricamente adequada tanto quanto a de Lavoisier (AKERROYD, 2008). O desenvolvimento da ciência se mostra mais complexo do que parece ser.

O presente estudo, em geral, possui limitações, como sua natureza descritiva que é observada ao longo das subseções dos resultados e discussões. Não articular o que foi obtido nesta revisão bibliográfica sistemática com algum referencial teórico pode ter sido um fator limitante que não permitiu que discussões avançassem e produzissem um resultado singular e original. Reconhecemos também que outros periódicos poderiam ter sido consultados visando ampliar a base de dados. Ao selecionarmos os artigos obtidos e perceber as discussões históricas que apresentam, recorrer a outras revistas historiográficas da química favoreceria a construção de resultados com maior rigor. Também compreendemos que o objeto escolhido possui alguns fatores limitantes, uma vez que o flogisto não é uma entidade atuante na química moderna, mesmo que para a filosofia da química ainda apresente elementos que possibilitam discussões de cunho filosófico que apontam para o desenvolvimento do conhecimento químico. Em suma, consideramos que mesmo havendo estas limitações foi possível inserir esse estudo no campo

histórico-filosófico ao apresentar uma sistematização de estudos internacionais sobre o flogisto. Assim, destacamos que se trata de uma produção original em português que une textos históricos e filosóficos sobre o episódio do flogisto da contemporaneidade.

Um desdobramento que poderá ser feito em outro momento e contexto de pesquisa seria uma interpretação dessa descrição a partir de um referencial teórico, para assim apresentar contribuições para a educação. Esse material ficará disponível para que outros pesquisadores e professores possam fazer essa transposição relacionando com elementos do ensino de química, como o desenvolvimento do conceito e discussões sobre combustão de corpos a partir do flogisto e suas implicações para o ensino de termodinâmica a partir da nova definição de calor. Além disso, ainda que seja importante apresentar o papel do flogisto na construção dos conhecimentos químicos específicos, também se mostra relevante evidenciar na sala de aula como ocorreu (e ocorre) os desdobramentos desses tipos de disputas e trocas na história da ciência, revelando que não se trata de um processo linear e continuísta de evolução da ciência.

REFERÊNCIAS

- AKERROYD, F. Michael. Mechanistic explanation versus deductive-nomological explanation. **Foundations of Chemistry**, v. 10, p. 39-48, 2008.
- ASIMOV, Isaac. **A short story of chemistry**. Nova Iorque: Doubleday & Company, 1965.
- BAIRD, Davis; SCERRI, Eric; MCINTYRE, Lee. **Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline**. Dordrecht: Springer, 2006.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. Lavoisier: uma revolução científica. In: SERRES, Michel (org.). **Elementos para uma história das ciências**. Lisboa: Terramar, 1996. p. 197-221.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; SIMON, Jonathan. **Chemistry: the impure science**. 2 ed. Imperial College Press, 2012.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. **História da química**. 2 ed. Instituto Piaget, 1992.
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette; STENGERS, Isabelle. **Historie de la chimie**. Paris: La Decouverte, 1993.
- BERNAL, John Desmond. **Ciência na história**, v. 3, Lisboa: Livros Horizonte, 1965.
- BEST, N. W. Lavoisier's "Reflections on phlogiston" I: against phlogiston theory. **Foundations of Chemistry**, v. 17, p. 137-151, 2015.
- BEST, N. W. Lavoisier's "Reflections on phlogiston" II: On the nature of heat. **Foundations of Chemistry**, v. 18, p. 3-13, 2016.
- BLUMENTHAL, G. Priestley's views on the composition of water and related airs. **Foundations of Chemistry**, v. 21, p. 147-178, 2019.
- BLUMENTHAL, G.; LADYMAN, J. The development of problems within the phlogiston theories, 1766–1791. **Foundations of Chemistry**, v. 19, p. 241-280, 2017.
- BLUMENTHAL, G.; LADYMAN, J. Theory comparison and choice in chemistry, 1766–1791. **Foundations of Chemistry**, v. 20, p. 169-189, 2018.
- CHANG, Hasok. The hidden history of phlogiston: how philosophical failure can generate historiographical refinement. **HYLE: Revista internacional de filosofia da química**, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 47-79, 2010.
- DEBUS, Allen George. A longa revolução química. **Ciência Hoje**, v. 13, n. 17, p. 35-43, 1991.
- EBERHART, Mark. Quantum mechanics and molecular design in the twenty first century. **Foundations of Chemistry**, v. 4, n. 3, p. 201-211, 2002.
- FLICK, Uwe. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. 6. ed. Porto Alegre: Penso, 2013, 256 p.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008, 197 p.

HYLE. **About HYLE**. 2022. Disponível em: <http://www.hyle.org/journal/concept.htm>. Acesso em: 4 ago. 2023.

KIM, Mi Gyung. The 'instrumental' reality of phlogiston. **HYLE: Revista internacional de filosofia da química**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 27-51, 2008.

KIM, Mi Gyung. From phlogiston to caloric: chemical ontologies. **Foundations of Chemistry**, v. 13, p. 201-222, 2011.

KLUG, João. Fragmentos de Vida: Carl Hoepcke e a Germanidade em Santa Catarina. **Revista Catarinense de História**, v. 4, 1996.

LABARCA, Martín; BEJARANO, Nelson; EICHLER, Marcelo Leandro. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. **Química Nova**, v. 36, p. 1256-1266, 2013.

LEFÈVRE, Wolfgang. Viewing chemistry through its ways of classifying. **Foundations of chemistry**, v. 14, p. 25-36, 2012.

LEMES, Anieli Fabiula Gavioli; PORTO, Paulo Alves. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 121-147, 2013.

LEONARDO JÚNIOR, Carlos Sérgio. Manifesto insolúvel. In: Luis Nogueira; Wellington Souza. (Org.). **Poesia Agora: outono 2020**. 1 ed. São Paulo: Trevo, 2020, p. 64.

MAAR, Juergen Heinrich. **História da Química: dos primórdios a lavoisier**. 2. ed. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008. 946 p.

MARTINS, Roberto de Andrade. História e História da Ciência: Encontros e Desencontros. In: **Actas do 1º Congresso Luso- Brasileiro de História da Ciência e da Técnica**. Évora: Universidade de Évora, 2001. p. 11-45.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da ciência: Objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MOCELLIN, Ronei Clécio. Louis-Bernard Guyton de Morveau e a revolução química das Luzes. **Scientiae Studia**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 733-758, 2012.

MOCELLIN, Ronei Clécio; PORTO, Paulo Alves. A química newtoniana. **Química Nova**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 388-396, 20 jan. 2006.

PRADO, Letícia do; CARNEIRO, Marcelo Carbone. 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. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, [S.L.], v. 18, p. 153-180, 28 nov. 2018.

RIBEIRO, Marcos António Pinto. **Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: contributos para uma filosofia do ensino**.

2014. 390 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento Curricular, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/12152>. Acesso em: 15 fev. 2023.

RIBEIRO, Marcos António Pinto. Panorama histórico da relação entre Filosofia e Química. **Educação Química En Punto de Vista**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 21-41, 30 dez. 2017.

SAVIANI, Dermeval. Pedagogia histórico-crítica, educação e revolução. In: ORSO, Paulino José; MALANCHEN, Julia; CASTANHA, André Paulo (org.). **Pedagogia histórico-crítica, educação e revolução**: 100 anos da Revolução Russa. 2. ed. Uberlândia: Navegando, 2018. p. 39-53.

SCERRI, Eric. **Collected papers on philosophy of chemistry**. London: Imperial College Press, 2008.

SCERRI, Eric Robert; MCINTYRE, Lee. THE CASE FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. In: SCERRI, Eric Robert. **Collected Papers on Philosophy of Chemistry**. Londres: Imperial College Press, 2008. p. 213-232.

SCERRI, Eric R. Hasok Chang on the nature of acids. **Foundations of Chemistry**, v. 24, n. 3, p. 389-404, 2022.

SCHUMMER, Joachim. The chemical core of chemistry. **HYLE: International Journal for the Philosophy of Chemistry**, v. 4, p. 129-162, 1998.

SCHUMMER, Joachim. Ethics of chemical synthesis. **Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 7, n. 2, p. 103-124, 2001.

SCHUMMER, Joachim. The philosophy of chemistry: from infancy toward maturity. In: BAIRD, D; SCERRI, E; MCINTYRE, L. **Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 3-362.

SCOTT, Ernest Leonard. **The life and work of Richard Kirwan (1733-1812)**: with particular reference to his influence on the chemistry, geology and meteorology of his time. 1979. 446 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Filosofia, Faculdade de Ciências, Universidade de Londres, Londres, 1979.

SILVA, Lisandro Bacelar da; BARRETOS, Uarison Rodrigues; BEJARANO, Nelson Rui Ribas; RIBEIRO, Marcos António Pinto. A filosofia da ciência e a filosofia da química: uma perspectiva contemporânea. **Revista Ideação**, edição especial, p. 392-423, 2018.

SPECTOR, T.; SCHUMMER, Joachim. Aesthetics and visualization in chemistry. **Special issue of Hyle**, v. 9, 2003.

SPRINGER NATURE. Foundations of Chemistry. 2023. Disponível em: <https://www.springer.com/journal/10698>. Acesso em: 4 ago. 2023.

STEWART, J. The reality of phlogiston in Great Britain. **Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 18, n. 3, p. 175-94, 2012.

VALERO, Rafaela; LEONARDO JUNIOR, Carlos Sérgio; MASSI, Luciana; GOMES, Lucas Bombarda Marques. Análise marxista de elementos da concepção de ciência

nos principais filósofos abordados na Educação em Ciências: aspectos ontológicos e epistemológicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 828-858, dez. 2022.

VIDAL, Bernard. **História da química**. Lisboa: Edições 70, 1986.

VIDAL, Paulo Henrique Oliveira; PORTO, Paulo Alves. Representações químicas e a História da Ciência em sala de aula. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 10, p. 70-84, 2014.