

O desenvolvimento do conceito de substância química: uma história e implicações para o ensino de química

Larissa Moreira Ferreira^{1*}, Marcelo Lambach²

¹Professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, ²Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Curitiba, Paraná, Brasil. *larissa.ferreira@ufsc.br

Recebido em: 10/05/2021

Aceito em: 15/11/2021

Publicado em: 30/12/2021

RESUMO

Considerando a centralidade e importância do conceito de substância química, faz-se uma abordagem histórica do conceito de substância e suas modificações desde a antiguidade grega até o conceito atual de substância química. Neste artigo, são abordadas as interrelações entre o conceito de substância química e outros que são e foram estruturantes para a ciência química. As metodologias empregadas são as de pesquisa bibliográfica e pesquisa histórica com o uso de fontes primárias e secundárias. Da análise foram demarcadas limitações atuais do conceito e suas implicações para o ensino de química são discutidas. Como conclusões, aponta-se a necessidade de maior compreensão do processo de estruturação do conceito de substância química e de maiores pesquisas nesse sentido a fim de que novas estratégias de ensino sejam elaboradas para mitigar os problemas de compreensão do conceito.

Palavras-chave: Substância. Substância química. Ensino de química. História da química.

The development of the concept of chemical substance: a history and implications for chemistry teaching

ABSTRACT

Considering the centrality and importance of the concept of chemical substance, a historical approach is made to the concept of substance and its modifications from Greek antiquity to the current concept of chemical substance. This article addresses the interrelations between the concept of chemical substance and others that are and have been structuring for chemical science. The methodologies used are those of bibliographic research and historical research with the use of primary and secondary sources. The current limitations of the concept were demarcated from the analysis and its implications for the teaching of chemistry are discussed. As conclusions, it is pointed out the need for greater understanding of the process of structuring the concept of chemical substance. Besides, there is need for further research in this direction in order to elaborate new teaching strategies to mitigate the problems of understanding the concept of chemical substance.

Keywords: Substance. Chemical substance. Chemistry teaching. History of chemistry.

INTRODUÇÃO

Não é por acaso que tantos trabalhos em ensino de química abordem o conceito de substância química. Trata-se de um conceito central, geralmente tratado em

disciplinas introdutórias e considerado estrutural para a compreensão da ciência química. Seu emprego, entretanto, não se limita à linguagem científica, já que é amplamente utilizado tanto pelas mídias quanto em caracterizações de senso comum. É comum constar nas notícias referências sobre substâncias que têm algum efeito protetor, substâncias poluentes, substâncias como componentes de algum alimento, dentre outras.

Portanto, tendo em vista a amplitude de seu uso, seria razoável esperar que fosse um termo cujo significado fosse plenamente compreendido, especialmente entre pessoas que estudam química, ou que, ao menos, tiveram acesso a disciplina de química no ensino médio. O que a literatura, aponta, entretanto, é o contrário. Pesquisas na área de ensino de química têm, consistentemente, apontado dificuldades de aprendizagem do conceito de substância química. Conforme alguns autores já apontavam desde a década de 1990, uma das dificuldades está relacionada à linguagem. Roletto e Placenza (1994), por meio de uma pesquisa com professores e estudantes do ensino médio italiano, concluíram que ambos os grupos não dão importância suficiente à linguagem para explicar os conceitos de química. No contexto brasileiro, Araújo et al., (1995), dentre outros fatores, apontam que a polissemia é uma das barreiras para a compreensão do conceito de substância química.

Anos mais tarde, o problema de aprendizagem do conceito de substância química continua a ser investigado, mas os resultados permanecem similares. Furió-Mas e Domínguez-Sales (2007), em um estudo com estudantes de ensino médio, identificaram que a maioria não havia se apropriado da definição de substância química e que associam o termo com um sentido mais genérico, como sinônimo de material ou produto. Bellas et al., (2019) sugerem que um dos problemas pode estar nos livros didáticos sobre os quais são estruturadas as aulas. Ao analisarem 6 livros didáticos de ensino médio, os autores concluíram que nenhuma das obras apresenta o conceito de substância de modo totalmente satisfatório.

Desse contexto, infere-se que o problema de aprendizagem do conceito de substância química é mundial e é ancorado em múltiplos fatores. Uma das perspectivas para ensino-aprendizagem de ciências reside na construção do conhecimento pelo viés histórico-epistemológico, ou seja, pela abordagem das origens do conhecimento e da forma como ele é produzido. São múltiplas as contribuições da história e filosofia da ciência ao ensino, que incluem uma perspectiva mais humanizada da atividade científica, aproximação do cidadão comum à ciência, atribuição de significados às

fórmulas e equações tratadas, compreensão de contextos sociais nos quais o conhecimento foi produzido, reconhecimento da interdisciplinaridade e superação das disciplinas enquanto campos de conhecimento isolados, dentre outras (MATHEWS, 1995; CAMPOS, 2016; PEREIRA et al., 2019).

Portanto, a associação da história e filosofia da ciência ao ensino de ciências contribui para superar uma educação mecânica e algorítmica, possibilitando a formação de um sujeito crítico. A compreensão da maneira em que as ciências e as tecnologias foram produzidas na história também se constitui como atributo necessário para a formação na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (FOUREZ, 1999).

Tendo em vista o exposto, o presente artigo busca oportunizar uma ressignificação do conceito de substância pela perspectiva da história e filosofia da ciência. Nesse contexto, pretende-se traçar marcos históricos que contribuíram para a elaboração do conceito de substância atual, o que também é uma necessidade apontada na literatura:

Quanto à questão histórico-epistemológica, acreditamos que será a partir das reflexões epistemológicas na formação inicial e continuada e, também, das reestruturações dos livros didáticos, tanto pelos autores/Editoras quanto pelos professores, que o ensino possibilitará uma maior e melhor compreensão da Ciência à luz da construção dos conceitos químicos, evitando possíveis deformações conceituais. Nessa perspectiva, a vertente didática da história e epistemologia da Ciência acarretará numa percepção mais rica, completa e complexa do conceito de substância, apresentando a Química como um corpo de conhecimento dinâmico que reestruturou suas bases conceituais ao longo dos anos. (TAVARES, 2009, p. 1016)

Além de todas as questões anteriormente apontadas, há que se mencionar a origem do conceito de substância, que se localiza na filosofia aristotélica. Esse fato, somado aos já apresentados, aumenta ainda mais o grau de potenciais confusões na atribuição de significados, bem como de polissemia. O caminho da substância até a substância química é trilhado no tempo por múltiplos locais, personagens, obras e concepções. O que se pretende, portanto, é proporcionar uma ressignificação histórica do conceito de substância química que possa abrir caminhos para o ensino-aprendizagem de química.

METODOLOGIA

A pesquisa teve como objetivo responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais eventos históricos poderiam promover uma visão abrangente do percurso histórico que

compôs o conceito moderno de substância química? A partir dessa questão, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- Realizar pesquisa histórica sobre o desenvolvimento do conceito de substância química
- Identificar momentos/situações relevantes no desenvolvimento do conceito de substância química
- pontuar questões de caráter filosófico para subsidiar reflexões mais aprofundadas sobre a conceituação em química.
- Indicar potencialidades da pesquisa histórica para aplicações em ensino de química

Com esses propósitos, são aplicadas metodologias de pesquisa bibliográfica e pesquisa histórica com o uso de fontes primárias, e, secundárias.

A perspectiva epistemológica adotada para a pesquisa histórica está fundamentada na concepção de Bachelard (1996), segundo o qual o conhecimento avança por retificações de erros e reorganizações do saber. Além disso, adota-se o princípio da recorrência histórica, ou seja, que os fatos científicos do passado devem ser observados pelo olhar atual a fim de que se possa formular uma melhor compreensão da superação das dificuldades enfrentadas em momentos passados (BULCÃO, 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As origens ocidentais da substância

Na perspectiva ocidental de construção do conhecimento, não é possível iniciar qualquer discussão sem considerar as contribuições dos antigos gregos. Sua influência sobre o conhecimento que passaria a ser estruturado como ciência moderna é inquestionável. Os gregos se ocuparam de problemas que hoje são entendidos como sendo do âmbito da química, na concepção de que seu escopo seja, predominantemente, os fenômenos da transformação da matéria.

Desse ponto de vista, a grande questão que mais se aproxima da química diz respeito à mudança, um tema amplamente discutido pelos antigos gregos. A impermanência do mundo foi alvo de estudo de múltiplos pensadores de modo mais abstrato do que experimental. Apesar disso, esquemas teóricos foram desenvolvidos e dois dos mais relevantes serão tratados a seguir: o dos atomistas e o de Aristóteles.

Ao observar com as lentes da atualidade, é possível supor que as ideias mais próximas da química moderna se fundam na teoria atômica, tanto por razões nominalistas como teóricas. Os atomistas compreendem um conjunto de pensadores que defendiam a concepção de átomo como constituinte fundamental da matéria com algumas distinções entre si. Para fins argumentativos e para não prolongar demasiadamente a exposição, serão aqui tratados como um grupo uniforme, embora na realidade não fossem.

Segundo os pensadores atomistas, os constituintes fundamentais da matéria seriam partículas eternas, indivisíveis e invisíveis que se combinariam entre si no vácuo. Os átomos teriam como propriedades apenas as chamadas qualidades primárias: forma, arranjo (ordem), posição, peso e tamanho. As qualidades ditas secundárias, como cor e sabor, não seriam inerentes aos átomos, mas sim ao observador. Assim, para os atomistas, muitas das propriedades sensoriais usualmente verificadas na matéria não seriam delas próprias, e sim fundamentadas na percepção. Os átomos estariam em perpétuo movimento e o espaço não-preenchido por eles seria nada mais do que o vazio (PULLMAN, 1998).

Nessa perspectiva, os seres e objetos seriam formados pela justaposição dos átomos que estariam em movimento perpétuo pelo espaço cujo arranjo daria origem às suas propriedades. No que tange especificamente ao conceito de substância, não há registros de que essa noção tenha sido propriamente elaborada (NEEDHAM, 2010). Apesar da aparente similaridade com o pensamento químico atual, é fundamental salientar que a teoria atômica moderna não estabelece uma relação teórica-experimental direta com a dos antigos gregos. Ademais, enquanto a noção de indivisibilidade permanece apenas na etimologia da palavra “átomo”, a ideia de partículas fundamentais que se recombina e gera novas entidades com diferentes propriedades faz parte das concepções científicas contemporâneas.

A despeito desse aparente triunfo teórico, as ideias atomistas ensejavam fragilidades que foram apontadas por seus críticos, sendo Aristóteles (384 a.C.- 322 a.C.) um dos mais proeminentes. Por exemplo, do que seriam feitos os átomos? Atomistas argumentavam que são feitos de matéria uniforme, mas isso não explica por que a matéria simplesmente se dividiria em porções definidas que não seriam mais divisíveis. Outra crítica residia na proposição de que a alteração das propriedades seria

justificada apenas com mudança na posição e no movimento dos átomos sem que os átomos em si tivessem qualquer propriedade (WEISBERG et al., 2019).

Com influências, adaptações e críticas a outros pensadores, Aristóteles desenvolveu seu próprio sistema para explicar a matéria e suas propriedades. Em oposição aos atomistas, para Aristóteles, a matéria é contínua e o vazio é dado como impossível com a argumentação de que um corpo, se lançado no vazio, não teria nada que o freasse, e, portanto, jamais pararia. Logo, o que hoje entendemos como efeito do atrito, para Aristóteles era uma explicação lógica para a inexistência do vazio (PULLMAN, 1998)

No que se refere ao conceito de substância, Aristóteles o enuncia na obra *Categorias* (ARISTÓTELES apud ACKRILL, 1987), determinando que é:

[...] primariamente, e acima de tudo - como aquilo que não é dito de um sujeito nem em um sujeito, por exemplo o homem individual ou um cavalo individual. As espécies das quais as coisas chamadas primariamente de substâncias são, são chamadas de substâncias secundárias, assim como o gênero dessas espécies. Por exemplo, o homem individual pertencente em uma espécie e um animal é o gênero dessa espécie, então estes – ambos homem e animal – são chamados de substâncias secundárias (ARISTÓTELES apud ACKRILL, 1987, p. 2).

A noção Aristotélica de substância refere-se ao ser; ao que é necessariamente aquilo que é, à sua essência (ABBAGNANO, 1998), o que remete a concepções ontológicas. Conforme aponta Earley (2009), a palavra latina *substantia* foi usada como tradução do termo grego *ousia*, que tem muitos e distintos significados, dentre os quais a essência, o universal, o gênero e o substrato. Sua transposição para as diferentes línguas carregou consigo a complexidade do termo *ousia*, uma situação que foi objeto de análise de múltiplos linguistas e pensadores ao longo do tempo. Enquanto é possível afirmar que a palavra substância, em química, retém pouca (ou nenhuma) dessa amplitude de significados, traz seus próprios problemas conforme será apontado adiante.

A filosofia aristotélica tem como fundamento a proposição de que as substâncias, entendidas como seres e objetos, são compostas por matéria e forma, de maneira que a forma caracteriza as propriedades específicas que as definem, uma teoria conhecida como hilemorfismo. A mudança dos seres e objetos é explicada pelos conceitos de ato, que é a forma atual do ser, e potência, que representa as possibilidades do ser. Tome-se como exemplo uma semente de árvore. A semente está em ato e tem a

potência de tornar-se uma árvore. A árvore, em ato, por sua vez, tem a potência de tornar-se uma cadeira, e assim por diante.

Em suma, a matéria, contínua e eterna, assume formas pelo que é, o ato, e pelo que pode vir a ser, a potência. Faz-se necessário então explicar do que é feita a matéria. Teorias para responder a essa questão já haviam sido propostas pelos antecessores de Aristóteles. Enquanto os atomistas supuseram partículas indivisíveis, outros preconizaram que constituintes da natureza fossem os elementos primordiais como a água e a terra. Empédocles (495 a.C. - 430 a.C.), então, inovou ao propor que diferentes proporções de quatro elementos – terra, água, fogo e ar - comporiam todos os objetos e seres existentes (PANETH, 1962).

Para desenvolver a sua própria concepção, Aristóteles valeu-se da proposição dos quatro elementos de Empédocles com modificações e uma adição importante: o éter. Conforme mencionado anteriormente, Aristóteles rejeitava a noção de vazio e então acrescentou o quinto elemento que preencheria todo o espaço não ocupado pelos demais. Aos elementos, foram associadas quatro qualidades que explicariam as propriedades da matéria: o fogo era quente e seco; o ar, quente e úmido; a terra, fria e úmida e a água, fria e úmida. Dessa maneira, a transformação da matéria seria possível por meio da mudança das qualidades (PULLMAN, 1998).

Aristóteles reconheceu a existência de misturas e que seus componentes poderiam existir em sua forma pura. Assim, a noção de substância pura deveria atender ao critério da homeomeria, ou seja, deveria ter a mesma composição em toda sua extensão, o que é uma concepção ainda familiar aos químicos. Entretanto, apesar de propor que as substâncias seriam compostas por elementos, Aristóteles argumentou que eles não estariam presentes de fato nas substâncias de modo que não seria possível isolá-los. Ou seja, os elementos ocorreriam nas substâncias apenas de forma potencial segundo sua teoria de ato e potência (WEISBERG et al., 2019).

Essa contradição tem como base o processo de formação misturas, que, segundo Aristóteles, ocorre pelos poderes e suscetibilidades das substâncias de afetarem e serem afetadas por outras. A mistura ocorre pela neutralização das qualidades (quente, frio, úmido e seco) e um estado intermediário é atingido. Já que no estado intermediário não existe nenhuma qualidade pura, não existe nenhum elemento puro presente de fato nas substâncias (WEISBERG et al., 2019).

Esse sistema explicativo, somado a reinterpretações, interesses políticos e religiosos foi o que prevaleceu durante séculos após sua estruturação. A teoria atômica pereceu já que, além das suas limitações, era permeada por proposições de aleatoriedade e de ausência de divindades enquanto, para Aristóteles, o universo era produto de uma intenção racional de um ser superior. As teorias da composição da matéria de Aristóteles foram utilizadas até mesmo por São Tomás de Aquino (1225 -1274) para explicar o mistério da transubstanciação, uma importante parte do sacramento da comunhão católica segundo o pão e o vinho tornam-se o corpo e o sangue de Cristo, respectivamente (PULLMAN, 1998)

A ideia de Empédocles reformulada por Aristóteles não sobreviveu à modernidade por ser confrontada com evidências empíricas, ainda que tardiamente em relação a outros conhecimentos. Seu maior triunfo talvez tenha sido sua coerência interna, o que permitia explicações generalistas para uma série de fenômenos. Entretanto, conforme argumenta Horne (1966), a química não demanda apenas abstração, mas a quantidade certa de abstração já que ela requer que os materiais sejam considerados à parte de sua forma ou da função do objeto do qual fazem parte.

Do ponto de vista epistemológico, observa-se que essas explicações, assim como muitas que as sucederam, nascem de uma perspectiva realista ingênua, segundo a qual as substâncias carregam em si as propriedades de seus componentes. Há a possibilidade de que esse tenha sido um dos maiores entraves à evolução do conhecimento químico. Basta considerar que o NaCl, um pó branco, pode ser obtido a partir de um metal e um gás esverdeado. A relação entre reagentes e produtos, de fato, não é fácil de ser estabelecida pelo viés observacional e só pode ser compreendida a partir de teorias bem estruturadas.

Por fim, é relevante mencionar que existem outras teorias sobre a composição e modificação da matéria, não apenas por outros gregos antigos, mas também por outros povos. A centralidade nos atomistas e em Aristóteles deve-se ao tamanho de seu impacto na produção futura de conhecimento ocidental a respeito do tema.

Avanços empíricos e teóricos dos alquimistas

A fim de perseguir seus objetivos, como a transmutação, os alquimistas deixaram muitas contribuições, majoritariamente práticas para química. No que diz respeito às teorias que explicavam seus fenômenos, as teorias aristotélicas foram

mantidas em seu cerne, embora algumas adições e modificações tenham sido realizadas. Desse modo, embora o período alquímico tenha grande relevância para a história da química, nesta oportunidade, será tratado sucintamente.

A compilação de textos alquímicos feita por Zóximo no século III aborda proposições que incluem a existência de uma matéria primária, sendo as demais substâncias suas modificações. No que se refere à mudança, é postulado que uma substância, por sua atividade superior, pode superar e modificar a natureza de outra tal qual pressupunha Aristóteles. Os textos ainda apresentam novos equipamentos e processos químicos, além do reconhecimento de novas substâncias. Tratam também do processo de síntese e decomposição por análise. Por exemplo, houve a obtenção do cinábrio a partir de mercúrio e enxofre e sua decomposição (PARTINGTON, 1948).

Avanços teóricos foram mais proeminentes na química árabe, que não apenas contribuiu enormemente para o aumento do conhecimento químico, mas também promoveu o primeiro esforço sistemático para explicar as diversidades na matéria pela natureza dos seus constituintes com algumas modificações na doutrina aristotélica (FREUND, 1904). Nesse sentido, destaca-se a teoria do enxofre-mercúrio para explicar as propriedades dos metais de autoria do árabe Jabir ibn Hayyan (722-804). Em complemento aos quatro elementos aristotélicos, propôs que os metais seriam compostos de uma combinação de enxofre – associado a combustibilidade, quente e seco - e mercúrio – associado à volatilidade e fusibilidade, frio e úmido. Cabe ressaltar que esses nomes não correspondem às substâncias que conhecemos atualmente, mas sim a princípios, do mesmo modo que os elementos aristotélicos (PARTINGTON, 1948). Além disso, as propriedades não eram entendidas como oriundas da composição material, mas sim como uma presença espiritual (SIEGFRIED, 2002).

Outra proposição de impacto foi dada pelo químico/médico Paracelso (1493-1541), de origem suíça, que adicionou o princípio do sal à teoria do enxofre-mercúrio para incorporar o princípio da incombustibilidade, compondo o que ficou conhecido como tria prima. Paracelso aplicou sua teoria à medicina, relacionando a existência de doenças a um desequilíbrio dos três princípios (MAAR, 2008). Essa inovação propiciou a busca por métodos para a fabricação e purificação de compostos, em um lento movimento em direção ao conceito de substância química, ainda inexistente.

O francês Jean Beguin (1550–1620), em 1610, publicou a obra *Tyrocinium Chymicum*, cuja tradução significa química para iniciantes e que é considerado o

primeiro livro de química de grande popularidade. Observa-se que o título se refere a palavra Chymistry, que foi cunhada pelos iatroquímicos (químicos medicinais) para distinguir-se da alquimia, naquela época já associada a fabricação de ouro e fraude. Na obra, o autor propõe a adição de mais dois elementos ao tria prima de Paracelso: a terra e a água. Há então, ao menos do ponto de vista nominal, o retorno de três elementos, excetuando-se o ar, que teve sua própria saga em seu reconhecimento material e teórico (SIEGFRIED, 2002).

O que se verifica é que, até o século XVII, não houve superação da teoria aristotélica. Sua persistência se estendeu para além do período alquímico, da antiguidade à idade moderna. Do ponto de vista teórico, seu desenvolvimento configura-se apenas como algumas adições às teorias vigentes. As maiores contribuições do período se deram pelo aumento do conhecimento em relação à identificação de novas substâncias e o respectivo desenvolvimento dos processos de produção/isolamento, o que pode ser entendido como a parte prática da química.

A ruptura da inércia do modelo aristotélico

De acordo com o eminente filósofo Bertrand Russell (1872 – 1970), quase todo avanço intelectual sério teve que começar com algum ataque a alguma doutrina aristotélica. A revolta em grande escala contra o sistema Aristotélico de qualidades e formas reflete-se na emergência da filosofia mecanicista no século XVII que teve seu ápice nas ideias de Isaac Newton (1642 – 1727). Dentre as muitas contestações, destaca-se o ataque ao princípio da continuidade da matéria, com retomada de proposições corpusculares.

Esse movimento contou com contribuições esparsas ao longo do tempo, acentuando-se a partir do renascimento. Conforme exposto anteriormente, as objeções à teoria atômica envolviam também aspectos religiosos. Alguns pensadores, como o padre Pierre Gassendi (1592-1655), elaboraram teses no sentido de cristianizar o átomo, ou seja, admitindo a concepção corpuscular da matéria, mas adicionando a proposição que os átomos teriam sido criados por Deus, de forma que permaneceriam sob a ação e vontade do Criador (PULLMAN, 1998). Sua influência, no entanto, foi limitada.

Do ponto de vista químico, uma das primeiras investidas partiu de Jan Baptiste van Helmont (1577-1644), que atacou fortemente as ideias paracelsianas. Van Helmont observou a formação de novas substâncias pela ação do calor, o que contrariava a teoria

paracelsiana que postulava que a ação do calor sobre as substâncias deveria evidenciar os princípios. Estabeleceu também um posicionamento contrário à teoria aristotélica, apontando, dentre outras observações, que o fogo não poderia ser um material e que não poderia compor as substâncias, além de afirmar que a terra não poderia ser um elemento (FREUND, 1904).

Sob a influência de van Helmont, Robert Boyle (1627-1691), na obra *Sceptical Chymist*, em 1661, apresentou uma crítica mais abrangente e consistente ao pensamento aristotélico, o que propiciou novo direcionamento ao conhecimento químico. Boyle atacou os aristotélicos por tentarem estabelecer conhecimento a priori, pela falta de experimentação, pela recusa de lidar diretamente com a natureza e os acusou de fazer jogos com palavras (SIEGFRIED, 2002).

Boyle contestou também os elementos aristotélicos com a proposição de que a composição de qualquer corpo deve ser confirmada pelo ciclo de análise e síntese de modo que os produtos da análise devem ser reunidos para produzir o corpo original. Além disso, adotou noções corpusculares, afirmando que a transformação de uma substância em outra ocorreria pelo rearranjo dos corpúsculos. Essa ideia remete ao atomismo grego, mas a palavra “átomo” não era empregada por Boyle por razões filosófico-religiosas, embora seu significado prático fosse o mesmo (PARTINGTON, 1948; SIEGFRIED, 2002).

Sobre o tria prima, Boyle toma o ouro como exemplo e demonstra que não nenhum dos três princípios – enxofre mercúrio ou sal – podem ser extraídos a partir deles (PARTINGTON, 1948). Assim, Boyle demonstrou que nem os quatro elementos de Aristóteles, nem os três princípios dos alquimistas paracelsianos são elementos porque falharam em ser obtidos por substâncias. Embora não tenha dito quais exatamente seriam então os elementos, Boyle estabelece alguns critérios para que algo pudesse ser considerado como tal:

E, para evitar erros, devo advertir-te, que o que agora quero dizer por Elementos, como fazem os químicos que falam mais claramente por seus princípios, certos corpos primitivos e simples, ou perfeitamente inabaláveis que não são feitos de nenhum outro corpo, ou um do outro, são os ingredientes de que todos os chamados corpos perfeitamente misturados são imediatamente compostos, e em que eles são finalmente resolvidos: agora, se há um tal corpo a ser constantemente atendido em todos e cada um dos que dizem ser corpos Elementares, é o que eu questiono agora. (BOYLE, 1661. p. 350, tradução nossa).

Ademais, para Boyle, elementos devem ser substâncias (na acepção moderna do termo) em vez de princípios ou qualquer tipo de entidade metafísica imponderável. Apesar da contestação impactante, sem teoria alternativa, os quatro elementos permaneceram no cerne dos modelos explicativos. A inovação teórica mais relevante após Boyle foi a sistematização do conceito do flogisto por Georg Ernst Stahl (1660-1734) no início do século XVIII, que, em linhas gerais, seria uma reinterpretação do princípio paracelsiano do enxofre e que explicaria o processo de combustão.

Enquanto a noção de elemento era debatida, outros conceitos importantes em química estavam em desenvolvimento. Em 1718, Étienne François Geoffroy (1672 – 1731) elaborou uma tabela que apontava relações mais e menos favoráveis à combinação química de 16 substâncias, as quais eram representadas por símbolos alquímicos e baseada no conhecimento proveniente de práticas metalúrgicas e farmacêuticas. Apesar de haver outras substâncias conhecidas, Geoffroy inovou por considerar aquelas de sua lista como substâncias químicas isoladas, ou seja, substâncias puras. Sua tabela pode ser considerada a primeira grande sistematização de conhecimento sobre reações químicas, considerada a primeira das tabelas de afinidades (KLEIN, 1994).

Outro avanço relevante para a química consiste na classificação das substâncias segundo suas propriedades, em uma perspectiva que hoje se entende por funções químicas. Um dos expoentes do século XVIII foi Guillaume-François Rouelle (1703-1770), que introduziu o conceito de base e foi professor de químicos proeminentes como Lavoisier. Um excerto de seus escritos, de 1744, exprime o quanto já havia sido avançado:

Eu dou à família dos sais neutros toda a extensão que ela pode ter: eu chamo de sal neutro médio ou salgado, todo sal formado pela união de qualquer ácido, seja vegetal ou mineral, com uma base fixa ou volátil, uma terra absorvente, uma substância metálica, ou um óleo (ROUELLE, 1744. p. 353, tradução nossa).

Os termos, embora não carreguem exatamente o mesmo significado da modernidade, revelam o avanço não só pela categorização como pelas relações entre os diferentes tipos de substância. Siegfried (2009) aponta que a definição de sal neutro se tornou a mais segura e explicitamente empírica do conhecimento químico, abrindo, por exemplo, o caminho para a doutrina das afinidades e tornando-se o cerne empírico da nova nomenclatura que organizou a nova química na revolução química.

No que se refere à mudança química, até meados do século XVIII, era retratada como um processo contínuo, assemelhando-se mais a noção de diluição. O entendimento era o de que, como todos os corpos têm propriedades, era mais simples compreender a mudança como uma mera mudança das propriedades. É muito mais sofisticado conceber as propriedades como derivadas de mudanças na composição que não podem ser percebidas diretamente. Isso só ocorreria no final do século XVIII.

Os avanços macroscópicos

A grande revolução química teve como protagonista Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) e foi impulsionada por um contexto bastante favorável. Em primeiro lugar, destaca-se que a impossibilidade de alguns elementos aristotélicos serem caracterizados como tal já havia sido apontada por seus predecessores. Além disso, à época houve a quebra da água em duas outras substâncias com a identificação dos elementos hidrogênio e oxigênio por diferentes estudiosos que estiveram envolvidos em uma grande controvérsia em termos de prioridades pela descoberta (FERREIRA; CORDEIRO, 2017). De todo modo, a identificação da água como composto e não como elemento representou outra grande investida contra a concepção aristotélica de matéria.

Nesse contexto, Lavoisier contestou o papel do flogisto no processo da combustão e apresentou a lei da conservação da massa. Além de todas essas contribuições, expôs sua definição de elemento. Em síntese, para o francês, elemento seria aquilo que não pudesse mais ser separado por métodos experimentais. A definição veio acompanhada de uma tabela com os elementos conhecidos que correspondiam, definitivamente, não mais a princípios transcendentais, mas a entes observáveis práticos. Nem todos permaneceram elementos e alguns foram retirados da lista posteriormente como luz e calor em virtude de avanços na física.

Algumas características importantes encerram a definição de elemento de Lavoisier. A primeira delas é que elementos não devem ser estabelecidos a priori, mas sim a partir de procedimentos experimentais. Além disso, a definição proposta implica que um elemento é uma substância simples. Assim, fica estabelecida uma relação entre fundamental e uma porção de matéria purificada/isolada, de constituição singular.

Do ponto de vista filosófico, Lavoisier tenta desvencilhar-se das concepções metafísicas dos gregos ao propor critérios experimentais. Não conseguiu, no entanto, propor uma definição que escapasse da recorrência do problema de que as propriedades

das substância simples necessariamente persistem nos compostos (PANETH, 1962). Ainda assim, suas contribuições são de enorme magnitude e deixam uma marca indelével no progresso da química.

O século XVIII também é marcado por grandes sistematizações do conhecimento, na França em especial. Nesse sentido, destacam-se duas obras. A primeira é o *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, com edições que ocorreram desde 1751 a 1772, no qual estão incluídos os verbetes “substância” - no domínio da filosofia com definições de caráter ontológico - e “substância animal” – no domínio da química (*Chimie*) trata das diversas partes dos animais que a química havia submetido à análise até o momento (DIDEROT e d'ALEMBERT, 1772).

A segunda obra de grande relevância foi a *Encyclopédie méthodique*, com edições de 1782 a 1815 que teve como objetivo agregar demais verbetes ao *Dictionnaire*. É dividida por temas que, por sua vez, são divididos em tomos. Na série referente à química, *Chymie, pharmacie et métallurgie*, a definição de substância encontra-se no tomo 6 onde consta que “essa palavra é frequentemente empregada como sinônimo de corpo, de matéria”. Já no tomo 4, no verbete “Laboratório”, o termo “substância química” é empregado em uma frase, sem qualquer definição formal (NAIGEON, 1782). Cabe mencionar que, na pesquisa da base de dados da Biblioteca Nacional da França, esse configura como o primeiro registro do termo “substância química”.

Cabe destacar o distanciamento das definições ontológicas da palavra substância que passa a ser definida como uma porção de matéria, embora nada seja mencionado sobre sua composição. Observa-se ainda que, por estar localizada no verbete “laboratório”, é possível o termo “substância química” já fosse usado no sentido de artificial, ou seja, como substância obtida por métodos químicos em oposição a substâncias animais ou minerais encontrados na natureza, o que é um dos significados que o termo retém na atualidade.

Ainda no final do século XVIII, ocorreu o desenvolvimento da química quantitativa, que encerra em si a química moderna segundo os princípios da racionalidade, empirismo, matematização e quantificação. A maior representação desses princípios está no desenvolvimento das Leis Ponderais que permitiram um grande avanço na direção do conceito de composto químico (MAAR, 2011).

Em 1792, Jeremias Benjamin Richter (1762 – 1807), a partir de uma série de experimentos com sais neutros, identificou que os elementos têm uma certa proporção fixa de massa nas reações. Ele então determinou uma grande quantidade de proporções de massas reacionais e estabeleceu que é possível designar a cada substância reagente um número – ou equivalente – representando sua massa. Esse episódio que marcou o nascimento da estequiometria e ficou conhecido como Lei de Richter ou Lei das proporções recíprocas.

Como extensão da Lei de Richter, se dois elementos formam mais do que um composto, as massas de um combinado com massas idênticas de outro estão em proporção de números inteiros. Essa ficaria conhecida como a Lei de Proporções Múltiplas, mas só seria proposta por Dalton dez anos mais tarde (PARTINGTON, 1948).

Em 1799, Joseph Louis Proust (1754 - 1826) explicita um conceito implícito na história da química: o de que as substâncias têm composição definida. Afinal, se a composição não for um valor fixo para cada entidade química distinta, não há sentido em tentar obter valores quantitativos para seus componentes. A tese de Proust não foi aceita sem uma controvérsia com o importante químico Claude Louis Berthollet (1748-1822), que propunha que a composição dos compostos era variável. Por fim, as proposições de Proust prevaleceram. Outra grande contribuição foi a distinção entre compostos (também nomeados substâncias compostas) e misturas, que ainda não estava clara:

[...] nem tudo na mineralogia é uma combinação, ou que há um grande número de produções às quais essa denominação não deve ser aplicada indiscriminadamente, como fazem alguns autores, por falta de terem meditado suficientemente sobre o que em química significa esta palavra; não notando que a ciência fez dela uma lei para ser reservada quanto ao seu uso, eles a aplicam indiferentemente às misturas, as quais tomam o cuidado de não qualifica-las como tais. [...] A natureza, por exemplo, nos apresenta combinações de elementos, mas também nos oferece composições formadas por uma união mais ou menos numerosa dessas mesmas combinações; e esses compostos não podem ser comparados a combinações, nem podem ser colocados na mesma linha em nossos inventários de história natural, porque ambos foram formados de acordo com leis extremamente diferentes. (PROUST, 1806 p.366, tradução nossa)

Além disso, Proust também estabeleceu o conceito de solução como uma mistura homogênea, em proporções variáveis de duas ou mais substâncias puras de composição fixa. Em suma, Proust realizou uma importante organização conceitual e

matemática de fenômenos químicos, o que promoveu maior compreensão em termos macroscópicos.

No século XIX, ocorre a estruturação do campo da termodinâmica, cujas ramificações para a química se deram pelas contribuições de Josiah Willard Gibbs (1839 -1903), sendo uma das mais expressivas a elaboração da noção de fase entendida como uma porção de matéria homogênea no que se refere à composição química e ao estado físico. É um conceito que tem origem na necessidade da distinção entre substâncias e diferentes porções homogêneas que constituem uma mistura heterogênea. A noção de fase também distingue estados físicos de uma mesma substância (NEEDHAM, 2010).

Os avanços microscópicos

A sistematização das leis ponderais seria marcada pela teoria atômica de John Dalton (1766-1844), que modelizou a matéria como sendo composta partículas indestrutíveis, mas, de uma maneira muito diferente dos gregos já que suas teses estavam ancoradas não apenas nas contribuições de seus antecessores, mas também em seus estudos com gases. As diversas proposições teóricas foram subsidiadas pelo novo conceito de pesos atômicos:

Ao designar um peso característico a cada tipo de átomo, e uma diferente combinação de átomos a cada composto químico, os princípios de composição fixa e de proporções múltiplas do mesmo modo viraram consequências racionais de uma teoria simples. Expressas em pesos atômicos e visualizados por simples símbolos atômicos, essas relações de composição foram tão claramente vistas que se tornaram padrões aos quais as análises empíricas deveriam se conformar (SIEGFRIED, 2002 p.235, tradução nossa).

Essa inovação é acompanhada de uma nova proposição de elemento, que é definido como sendo um conjunto de átomos iguais sendo que diferentes elementos têm tamanho e massas distintas. Trata-se de uma definição de caráter bem abstrato, quase que antagônica a que foi pautada empiricamente conforme Lavoisier. A abstração da teoria atômica não passou incólume ao crivo da comunidade científica da época e foi objeto de uma grande controvérsia. A acusação principal foi de que a teoria atômica provocava o retorno de entes invisíveis e metafísicos dos quais a química levou muito tempo para se libertar por meio das proposições fundamentadas em evidências

experimentais. A despeito dos críticos, a teoria atômica perdurou e o peso atômico serviu como parâmetro para a nova organização dos elementos.

A tabela periódica de Dmitri Ivanovic Mendeleev (1834-1907) foi uma dentre outras que estavam sendo construídas à época e teve sucesso teórico tremendo já que alcançou uma capacidade preditiva, deixando espaços para elementos que deveriam ainda ser descobertos. Foi concebida não apenas pelos critérios estabelecidos por Lavoisier, de que elementos seriam as substâncias que não podiam mais ser separadas nem somente pelo peso atômico, mas também pela organização dos elementos por analogias e tendências no seu comportamento pelos seus diferentes estados de combinação química.

Considere o cloro: a substância que aparece na tabela abaixo do flúor não é o gás verde que é usado na produção de, digamos, HCl ou NaCl. **Algumas das propriedades que conferem ao cloro seu lugar na tabela são propriedades físicas dos compostos de cloro, não do gás.** Como dotado de um lugar na tabela de elementos, **o cloro deve ser uma substância capaz de sobreviver a mudanças em seu estado de combinação química** (HENDRY, 2005. p. 43, tradução nossa, grifo nosso)

Logo, a relação macroscópica e microscópica fica evidenciada. O lugar do cloro é definido por suas propriedades, mas elas não o definem. O gás esverdeado não corresponde ao elemento cloro, e sim ao gás cloro, que é uma molécula. Assim, a caracterização do o cloro diz respeito àquilo que permanece em uma mudança química, o que é uma noção altamente abstrata da qual talvez falte consciência a uma boa parte dos químicos que consideram que praticam uma ciência predominantemente empírica.

A despeito dos acelerados avanços, os químicos sofriam com grandes problemas de comunicação pelos diferentes nomes dados a um mesmo fenômeno ou ideia. Uma das primeiras tentativas a trazer consenso entre a comunidade internacional de químicos foi realizada em 1860, no congresso de Karlsruhe no qual foram discutidas definições de átomo, molécula, equivalente, atomicidade, alcalinidade, entre outras. Apesar dos muitos debates, o resultado prático imediato do congresso foi insignificante. O congresso, no entanto, catalisou o progresso da química teórica e serviu como ponto de partida para encontros posteriores (MÖNNICH, 2010).

Dentre as contribuições individuais para o tema, destaca-se a de Mendeleev no que diz respeito às relações macro e microscópicas, que, de acordo com Maar (2011), propôs o seguinte:

- Relações microscópicas: distinguiu entre átomo e molécula: a molécula foi entendida como a quantidade de substância que entra em reação com outras moléculas e que ocupa no estado de vapor volume igual ao de dois pesos de hidrogênio, enquanto átomos foram considerados as menores quantidades de massas químicas indivisíveis dos elementos que formam as moléculas dos corpos simples e compostos.

- Relações macroscópicas: relacionou os conceitos de corpo e substância: corpos foram compreendidos como aqueles cujas transformações são perceptíveis aos sentidos, enquanto substância denotava um significado metafísico, de elemento primordial.

- Relações macroscópicas e microscópicas: diferenciou os termos “corpo simples” e elemento: corpo simples foi entendido como algo material dotado de propriedades físicas e capaz de reações químicas e corresponde à ideia de molécula. Elementos, por sua vez, foram compreendidas como as partículas que formam os corpos simples e compostos e que determinam a maneira como eles se comportam do ponto de vista físico e químico.

Para Mendeleev, já existe clara distinção entre “elemento” e “substância simples”: as substâncias simples carvão, grafita, e diamante são formadas por átomos do elemento carbono enquanto “elemento” remete à ideia de átomo. As interpretações propostas por Mendeleev permitiram um entendimento do que ocorre nas reações químicas em termos de estrutura microscópica. Cabe ressaltar a quantidade de termos e que a tentativa de distinguir, embora ajude no esclarecimento, não é de todo efetiva. Além da multiplicidade de termos para referir-se ao mesmo ente, existe multiplicidade de possibilidades de interpretações e atribuição de significados distintas por outros estudiosos.

É fato que nos séculos XVIII e XIX, há uma aceleração sem precedentes no desenvolvimento científico. A rapidez e profusão de conhecimento, no entanto, é acompanhada por desencontros conceituais com necessidade de maior alinhamento teórico-conceitual entre a comunidade científica.

Séculos XX e XXI – continuar avançando é preciso

A classificação proposta de acordo com as propriedades físico-químicas proposta por Mendeleev, embora bem sucedida, ainda apresentava problemas. A determinação das posições do argônio, potássio e dos elementos terras-raras, por

exemplo, apresentava discrepâncias. A solução partiu de um personagem curiosamente menos conhecido na química, Henry Moseley (1887-1915), que foi orientado pelo célebre Ernest Rutherford (1871-1937). Ao realizar estudos com raios-x emitidos por metais excitados por feixes de elétrons, Moseley conclui o seguinte:

"Temos aqui uma prova de que existe no átomo uma quantidade fundamental, que aumenta por passos regulares à medida que passamos de um elemento para o outro. Esta quantidade só pode ser a carga sobre o núcleo central positivo, de cuja existência já temos prova definitiva." (MOSELEY, 1913, p.1031, tradução nossa)

A “quantidade fundamental” a qual Moseley se referia foi denominada “número atômico”. Seu trabalho possibilitou não somente a resolução das inconsistências encontradas na tabela periódica de Mendeleev como também promoveu um novo modo de compreender a organização dos elementos.

Em 1919, houve a criação da International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC, que tem como objetivo desenvolver recomendações que criam uma linguagem comum para a comunidade global de química. A organização, em 1923, definiu elemento pela carga nuclear, ou seja, pelo número atômico em consonância com as contribuições de Moseley. Entretanto, conforme salienta Earley (2009), não houve preocupação em definir se elementos são ou não uma substância.

A existência uma instituição internacional que forneça uma definição de um conceito é, à primeira vista, um alento já que propicia a uniformização no uso dos termos e evita a multiplicidade de termos. No entanto, na prática não é isso que ocorre. Além da pluralidade terminológica ainda se configurar como um fato na comunidade científica, as definições propostas pela organização raramente – ou nunca – são irrefutáveis. A definição de substância química, embora esteja presente, ainda apresenta impasses. Segundo a definição atual da IUPAC (1997), uma substância química é conceituada como:

matéria de composição constante melhor caracterizada por suas entidades (moléculas, fórmula, átomos) dos quais é composta, sendo caracterizada por propriedades como densidade, índice de refração, condutividade elétrica, ponto de fusão, etc. (IUPAC, 1997, tradução nossa).

Observa-se que, para compreender o que é uma substância química, é necessário ter noções de muitos outros conceitos aos quais ele está ancorado. Trata-se, portanto, de um conceito de altíssima complexidade cuja apreensão só se pode dar a partir de

conhecimentos anteriores. Uma reflexão pertinente é a de que talvez seja necessário rever sua condição de conceito introdutório em química.

Considerações sobre o conceito de substância química e o ensino de química

De maneira geral, a história da substância química pode ser compreendida em três fases: a da substância como ser, da substância como matéria, e como substância química composta por entes microscópicos. O registro histórico também demonstra que muitos conceitos se estruturam na forma de premissas implícitas, adjacentes à compreensão dos fenômenos de modo que sua explicitação na forma conceitual demandou avanços teóricos e tecnológicos.

Observa-se um enorme distanciamento entre os significados do termo “substância” ao longo do tempo. Ressalta-se, primeiramente, a diferença nominal: enquanto a definição moderna IUPAC refere-se de “substância química”, a *Encyclopédie* e Aristóteles tratavam de “substância”. A adição do sufixo “química” representa uma demarcação relevante para o domínio científico ao qual está localizado e pode contribuir para atenuar o problema da polissemia, auxiliando na distinção entre o conceito científico e termo de senso comum. A utilização do termo apenas enquanto “substância” por químicos simboliza um certo descaso com a sua constituição histórica, especialmente no que diz respeito aos esforços teóricos e práticos para construí-lo.

Há que se reconhecer que uma história de tamanha extensão temporal apresenta distorções e um certo grau de superficialidade, especialmente no que tange à biografia dos personagens, e perspectivas socioeconômicas da produção do conhecimento. Entretanto, esse prejuízo externalista é compensado por uma visão pontuada das várias etapas do desenvolvimento do conceito de substância química. Metodologicamente, o recorte amplo oferece a possibilidade de uma visão de evolução na constituição do conceito de substância química e da própria ciência química. Recortes de momentos específicos podem ser feitos a qualquer momento, a depender a da ênfase desejada.

Uma importante contribuição que a história apresentada pode propiciar é a percepção de que conceitos não são acabados e que conhecimentos científicos estão em constante revisão, até mesmo aqueles que se pode equivocadamente tomar como irretocáveis. A compreensão da dinamicidade do conhecimento científico certamente ajuda a desconstruir a visão de uma ciência dogmática, o que acarreta em uma melhor relação dos sujeitos não só sobre a natureza da ciência em si, mas até da relação

imediate com notícias científicas. É comum que o público se sinta confuso e desconfiado de resultados de pesquisas que ora apontam para uma direção, ora para outra. O entendimento do processo de construção do conhecimento científico certamente poderia contribuir para mitigar tais conflitos.

Enquanto a *Encyclopédie* caracterizava a substância como uma porção de matéria, a definição atual é mais ampla, de modo que aborda também a composição, que é dada por entes químicos diversos, ou seja, designa uma relação macro e microscópica. Essas relações apresentam uma série de problemas ligados à aspectos como pureza, equilíbrio químico, isotopia, entre outros. Por exemplo, a afirmação de que a água é uma substância química caracterizada como um conjunto de moléculas de H₂O ignora outros conhecimentos estabelecidos como a autoionização, a água pesada (D₂O) e os diferentes estados físicos nas quais ela é encontrada. Essas inconsistências têm sido objeto de estudo por diferentes estudiosos e abordadas historicamente em diversos trabalhos (BELLAS et al., 2019; EARLEY, 2009; PANETH, 1962; VAN BRAKEL, 2008).

O conjunto de problemas do ponto de vista conceitual apontam para o fato de que uma definição precisa de substância química ainda está por ser elaborada. No entanto, conforme salienta van Brakel (2008), sempre haverá algo que apresentará problemas para cada tentativa de definição de substância pura, entendida como substância química. Essa afirmação consolida o que foi apresentado no presente trabalho no que se refere à magnitude da dificuldade em estabelecer conceitos sobre a composição da matéria.

É razoável afirmar que tamanha complexidade conceitual e histórica não é de todo reconhecida pelos próprios professores de química. Além disso, existe uma interdependência na compreensão dos conceitos de forma que a assimilação da definição da IUPAC em sua acepção atual depende do entendimento dos conceitos às quais está subordinada, que apresentam suas próprias dificuldades. Como pode-se depreender pela exposição feita no presente trabalho, esses conceitos foram forjados com grande esforço já que as substâncias químicas ocorrem com multiplicidade de estados de organização.

Além da interdependência conceitual, o enunciado de substância química dado pela IUPAC não é plenamente distinto de outros conceitos, como mistura. Afinal, uma solução salina com uma concentração fixa também tem composição constante e

propriedades características. As condições podem ser ainda mais complexas: deseja-se obter uma substância quimicamente pura em termos de reatividade ou isotopicamente pura? A distinção entre substâncias puras e misturas é vaga não apenas em termos de definição, mas também porque definições operacionais sempre requerem decisões pragmáticas em sua aplicação (van BRAKEL, 2008).

Não obstante, a fim de compreender os conceitos químicos, os estudantes devem também diferenciar as noções científicas daquelas de senso comum próprias do mundo em que estão imersos. E há que se mencionar ainda que o conceito de substância química só tem sentido na acepção de substância pura, o que é apresentado como um novo conceito ao estudante de química. Portanto, a dificuldade aprendizagem de conceitos estruturantes de química tal qual relatada na literatura é plenamente razoável.

Do ponto de vista do ensino, parece necessário que os professores sejam apresentados a uma noção mais abrangente e histórica do conceito de substância química a fim de possam subsidiar o desenvolvimento de novas estratégias metodológicas para seu ensino. É preciso concordar com J. Partington (1948) que o conceito de substância química tem maior dificuldade em comparação a conceitos matemáticos e físicos. Essa dificuldade fica evidente tendo em vista a multiplicidade de conhecimentos e conceitos aos quais o conceito de substância é ancorado.

Cabe ressaltar ainda que a história do conceito de substância química evidencia a potencialidade para que o tema seja tratado de modo interdisciplinar, com o potencial de servir de subsídio para projetos de ensino e demais iniciativas inovadoras de ensino-aprendizagem.

CONCLUSÃO

O que se depreende dos referenciais estudados é que o histórico do conceito de substância química não foi objeto de estudo da mesma forma que outros considerados estruturantes para a compreensão da química. De fato, Earley Sr. (2009) aponta que relação entre noções modernas e antigas de substância é um assunto geralmente não estudado. Há que registrar a dificuldade em encontrar bibliografia específica, o que indica grande necessidade de prosseguir com pesquisas sobre o tema. Enquanto espanta que a carência de estudos sobre o histórico e os significados do conceito de substância química, não deve surpreender que, sem historicidade e sem suficiente clareza, sejam relatados muitos problemas de ensino-aprendizagem.

A partir do que foi possível investigar, faz-se algumas inferências. Ao que os referenciais indicam, a definição de substância ou substância química não foi relegada apenas na pesquisa histórica, mas também na própria química. Apesar de seu uso contínuo durante o desenvolvimento da ciência química, os holofotes ficaram voltados para o estabelecimento dos entes dos quais as substâncias químicas são compostas e não em sua natureza.

Uma proposta possível para a problemática conceitual que se apresenta seria o abandono do conceito de substância pelo conceito de matéria pode ser mais simples. Afinal, matéria é aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço, o que abrange objetos, seres e tudo o que é pertinente à química. No entanto, há que se considerar que se trata de uma definição que muito atende a problemas físicos. Por exemplo, com que velocidade atinge o chão um corpo com 200 gramas de massa cai de uma altura de 10 metros no vácuo? Ao físico não importa se o corpo é uma caixa de metal, uma bola de borracha, ou uma peça de madeira. Porém, a questão da composição é justamente aquela que importa aos químicos e precisamente seu objeto de estudo. Eis a necessidade e a centralidade do conceito de substância.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 1014 p.
- ARAÚJO, D. X. D. S., ROBERTO R. DA TUNES, ELIZABETH. O Conceito de Substância em Química Apreendido por Alunos do Ensino Médio. **Química Nova**, 18, n. 1, p. 80-90, 1995.
- ARISTOTLE; ACKRILL, J. L. **A new Aristotle reader**. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1987. xiii, 580 p.
- BACHELARD, G. **La formation de l'esprit scientifique**. Paris: J. Vrin, 1947. Tradução por Estela dos Santos Abreu. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BELLAS, R. R. D.; QUEIROZ, I. R. L.; LIMA, L. R. F. C.; SILVA, F. L. P. B. O Conceito de Substância Química e Seu Ensino. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 1, p. 17-24, 2019.
- BOYLE, R. **The sceptical chymist; or, Chymico-physical doubts & paradoxes, touching the experiments whereby vulgar spagyristis are wont to endeavour to evince their salt, sulphur and mercury, to be the true principles of things**. London: for J. Crooke, 1661b.
- BULCÃO, M. **O Racionalismo da Ciência Contemporânea: Uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard**. Rio de Janeiro: Antares, 1981.
- CAMPOS, D. F. **A História da Ciência nas licenciaturas em Ciências da Natureza no Instituto Federal de Goiás**. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, 2016.

DIDEROT, D.; D'ALEMBERT, J. L. R. **Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers**. Paris: André le Breton, Michel-Antoine David, Laurent Durant, Antoine-Claude Briasson 1772-1759.

EARLEY, J. E. How chemistry shifts horizons: Element, substance, and the essential. **Foundations of Chemistry**, 11, n. 2, p. 65-77, 2009.

FERREIRA, L. M.; CORDEIRO, M. D. Quem disse que a fórmula da água é H₂O? Descobertas e controvérsias sobre a composição da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis, SC., **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/ABRAPEC, 2017. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0232-1.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica**. Buenos Aires: Colihue. 1999.

FREUND, I. **The Study of Chemical Composition**. Cambridge: University Press, 1904. 650 p.

FURIÓ-MAS, C.; DOMÍNGUEZ-SALES, C. Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 2, p. 241-258, 2007.

HENDRY, R. F. Lavoisier and Mendeleev on the Elements. **Foundations of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 31-48, 2005.

HORNE, R. A. Aristotelian Chemistry. **Chymia**, 11, p. 21-27, 1966.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997.

KLEIN, U. Origin of the Concept Chemical Compound. **Science in Context**, v. 7, n. 2, p. 163-204, 1994.

MAAR, J. H. **História da Química - Parte 1 - dos Primórdios a Lavoisier**. 2. ed. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

MAAR, J. H. **História da química: Segunda Parte: De Lavoisier ao Sistema Atômico**. Florianópolis: Papa-livro, 2011. 1182 p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MOSELEY, H. The High-Frequency Spectra of the Elements. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 26, n. 156, p. 1021-1034, 1913.

MÖNNICH, M. "Für unsere schöne Wissenschaft eine Einigung anzubahnen". **Nachrichten aus der Chemie**, v. 58, n. 5, p. 539-543, 2010.

NAIGEON, J.-A. **Encyclopédie méthodique**. Paris: Panckoucke, 1782-1832.

NEEDHAM, P. Water and the Development of the Concept of Chemical Substance. In: TVEDT, T. e OESTIGAARD, T. (Ed.). **A History of Water, Series II, Vol. 1: Ideas of Water from Antiquity to Modern Times**, 2010. p. 86-123.

NELSON, P. G. Basic chemical concepts. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 4, n. 1, p. 19-24, 2003.

PANETH, F. A. The Epistemological Status of the Chemical Concept of Element (I). **The British Journal for the Philosophy of Science**, v. 13, n. 49, p. 1-14, 1962.

PARTINGTON, J. R. The Concepts of Substance and Chemical Element. **Chymia**, v. 1, p. 109-121, 1948.

PEREIRA, R. C.; MACÊDO, H. R. A.; RODRIGUES, I. L.. A inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências: uma visão geral a partir da análise de artigos disponíveis no portal de periódicos da CAPES. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 4, p. 54-62, 2019.

PIACENZA, B.; ROLETTA, E. Faut-il construire le concept de substance. **Aster**, 1994.

PROUST, J. L. Sur les mines de cobalt, nickel et autres. **Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle**, v. 63, p. 364-377, 1806.

PULLMAN, B. **The atom in the history of human thought**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 416 p.

ROUELLE, G-F. Mémoires sur les sels neutres. *In: Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*. Paris: Imprimerie de Du Pont (Paris), 1744. 668 P.

SIEGFRIED, R. **From elements to atoms: a history of chemical composition**. Philadelphia: American Philosophical Society, 2002.

TAVARES, L. H. W. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 1004-1018, 2009.

VAN BRAKEL, J. Pure chemical substances. *In: Stuff: The Nature of Chemical Substances*: Königshausen & Neumann, 2008. p. 145-162.

WEISBERG, M.; NEEDHAM, P.; HENDRY, R. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019.