**REDEQUIM**

Revista Debates em Ensino de Química

IDENTIFICAÇÃO DE COMPROMISSOS EPISTEMOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO CONCEITO DE ELEMENTO

João Roberto Ratis Tenório da Silva¹, Natália Meirelles Silva²
(joaoratistenorio@gmail.com)

1. Universidade Federal de Pernambuco
2. Universidade Federal Rural de Pernambuco

05

RESUMO

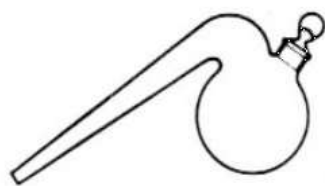
O conceito de elemento pode ser considerado como estruturante, visto que possui um papel essencial para a compreensão da Química. É um conceito polissêmico, portanto, pode comportar possíveis zonas de um perfil conceitual. A partir dessa premissa, nesse artigo, tivemos como objetivo, identificar compromissos epistemológicos sobre o conceito de elemento no seu desenvolvimento histórico, com base na epistemologia de Gaston Bachelard. Utilizamos uma abordagem metodológica de caráter qualitativo a partir de uma análise da natureza das concepções históricas levantadas em fontes primárias e secundárias de História da Química. Consideramos as ideias mais frequentes apresentadas nos seguintes períodos históricos: Idade Antiga, Idade Média e nos séculos XVII, XVIII, XIX e XX. Os compromissos identificados foram realista, animista, substancialista, racionalista e ultrarracionalista, os quais estão presentes em outros perfis encontrados na literatura, como o de Calor, Substância e Molécula.

PALAVRAS-CHAVE: elemento, perfil conceitual, epistemologia.

João Roberto Ratis Tenório da Silva é docente da área de Ensino de Química do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco.

Natália Meirelles Silva: graduada em Licenciatura em Química, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada.





REDEQUIM

Revista Debates em Ensino de Química

IDENTIFICATION OF EPISTEMICAL COMMITMENTS IN THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF ELEMENT

ABSTRACT

The element concept can be considered as structuring, because its essential role for the understanding of the chemistry. This is a polysemic concept, therefore, it can hold possible zones of a conceptual profile. In this article, we had the goal to identify epistemological commitments on the concept element in its historical development, based on the epistemological view of Gaston Bachelard. We use a methodological approach of qualitative from an analysis of the nature of the views raised during the literature search on primary and secondary sources of History of Chemistry. We consider the most frequent ideas presented in the following historical periods: Old Age, Middle Ages and in the seventeenth, eighteenth, nineteenth and twentieth centuries. The commitments identified were: realism, animism, substantialism, rationalism and ultrarracionalism. These commitments are present in other conceptual profiles in literature, such as Heat, Substance and Molecule.

KEYWORDS: element, conceptual profile, epistemology.



1 INTRODUÇÃO

Conceitos científicos, na forma em que conhecemos hoje, passaram por um longo processo de elaboração e desenvolvimento. Esse processo evolutivo é caracterizado por influências de aspectos sociais e culturais encontrados em diversos contextos históricos, se caracterizando dentro de um domínio sócio-genético (WERSCH, 1985).

De acordo com essa concepção, Mortimer (1996; 2000) afirma que existem diversos modos de pensar os conceitos científicos, os quais podem ser acessados a partir de diferentes formas de falar. A existência dessa pluralidade de concepções pode influenciar a aprendizagem desses conceitos, pois alguns desses modos de pensar são relativos a contextos do senso-comum (como as zonas pré-científicas do perfil conceitual), no qual o aluno está inserido e constantemente construindo significados (MORTIMER, 1996; MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Segundo alguns trabalhos na literatura, tais como Pozo e Crespo (1998), Amaral e Mortimer (2001), Mortimer, Scott e El-Hani (2009), alguns desses modos de pensar, usados em situações do senso comum, são considerados concepções alternativas ao conhecimento científico e possuem similaridades com ideias que já tiveram alguma validade no desenvolvimento histórico do conceito. Assim, a metodologia aplicada para proposição de perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014) apresenta o levantamento histórico do conceito científico como uma etapa essencial na constituição das zonas do perfil. A partir desse levantamento histórico, é possível identificar alguns compromissos epistemológicos, ontológicos e/ou axiológicos que, posteriormente, irão caracterizar as zonas do perfil conceitual.

Na busca por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos no desenvolvimento histórico de um conceito, se faz necessário uma análise das concepções levantadas a partir de bases filosóficas/epistemológicas. Neste sentido, Bachelard (1984; 1996), filósofo que apresenta análises epistemológicas no desenvolvimento do conhecimento científico, discute a caracterização de compromissos epistemológicos de modos de pensar conceitos científicos ao longo história da Ciência, tendo sido usado como base, por exemplo, para a proposição dos perfis conceituais de molécula

(MORTIMER, 1997), calor (AMARAL; MORTIMER, 2001) e substância (SILVA; AMARAL, 2013).

Assim, acreditamos que um estudo epistemológico com base nas ideias de Gaston Bachelard pode oferecer condições para a identificação de compromissos epistemológicos, principalmente daqueles conceitos que apresentam uma polissemia, ou seja, diversos significados que emergem em diversos contextos. Destacamos o conceito de elemento como um dos que apresenta essa polissemia, podendo seus modos de pensar ser organizados em zonas de um perfil conceitual. Oki (2002) apresenta alguns significados que o conceito de elemento adquiriu ao longo de seu desenvolvimento histórico, desde a Antiguidade, mostrando como diversos modos de pensar emergiram em contextos históricos e demonstrando a sua polissemia.

Com base na discussão apresentada, temos como objetivo, neste artigo, identificar compromissos epistemológicos do conceito de elemento, identificando com base em Bachelard (1984; 1996), ao longo de seu desenvolvimento histórico. Justificamos o uso da epistemologia bachelardiana por considerarmos que ela é adequada na caracterização de certos compromissos epistemológicos, tendo sido aporte teórico para proposição de alguns perfis conceituais, mesmo que, atualmente, exista uma tendência de desarticulação entre a teoria do perfil conceitual e as ideias de Bachelard. Podemos observar esse distanciamento na nova nomenclatura proposta para as zonas do perfil conceitual de Calor (ARAUJO, 2014), bem como no perfil conceitual de entropia (AMARAL, 2004), energia (SIMÕES NETO, 2016) e algumas zonas do perfil conceitual de substância (SILVA; AMARAL, 2013).

A importância deste trabalho está na possibilidade de fornecer subsídios para uma futura proposição de um perfil conceitual para elemento. Para isso, é necessário a ampliação dos dados, segundo a metodologia para proposição de perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014), com a identificação de concepções em sala de aula, livros didáticos e literatura em Ensino de Química sobre concepções alternativas. Dessa forma, identificar compromissos ontológicos e axiológicos para, posteriormente, delinear as possíveis zonas do perfil conceitual de elemento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A concepção epistemológica com a qual trabalharemos é compreendida como a própria teoria do conhecimento científico, como propõem Moreno e Waldegg, (1998, p. 422): “a epistemologia, em sua versão contemporânea, se propõe ao estudo da natureza do conhecimento científico e das circunstâncias de sua produção”. Vários autores, tais como Lopes (1993; 1996), Mortimer, (1996; 2000), Oliveira (2000) e Delizoicov, (2001) tem utilizado noções epistemológicas de Bachelard para embasamento de pesquisas na área de ensino de Ciências. Antes de tratarmos da epistemologia de Bachelard, julgamos necessário situar o contexto em que ele viveu, o que nos fornecerá, de certo modo, subsídios para a compreensão do surgimento de suas ideias na construção de sua epistemologia.

Gaston Bachelard, nascido na França, em 27 de junho em 1884 e falecido em 16 de outubro de 1962, logo, viveu em dois séculos e presenciou revoluções no pensamento científico nesta transição, como por exemplo, a teoria da relatividade e física quântica, fatos que influenciaram posteriormente as ideias contidas em suas obras (LOPES, 1996). Na obra *A formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, publicada pela primeira vez em 1938, Bachelard apresenta uma nova forma de analisar o desenvolvimento da Ciência. Bachelard sugeriu que, ao invés de concordar com as dogmáticas filosofias vigentes, que concebiam a Ciência em sua elaboração do conhecimento produtora de verdades, deveria ser pensada, ao contrário, a partir de seus erros, porque, segundo ele, o desenvolvimento científico é impulsionado pela existência de obstáculos a serem superados (BACHELARD, 1996).

As revoluções no pensamento científico, como por exemplo, a teoria da relatividade e física quântica, eram contra os conhecimentos que Bachelard tinha aprendido. A tentativa de entender o porquê das novidades científicas o fez se debruçar na análise do desenvolvimento histórico da ciência (LIMA; MARINELLI, 2011). Ao analisar o desenvolvimento do conhecimento científico até a época em que vivia, percebeu que a Ciência mais recente tratava de objetos teóricos distantes do real imediato. Esse distanciamento do mundo concreto permitiu a elaboração de novos conhecimentos, se aproximando cada vez mais da abstração (BACHELARD, 1996).

Para Bachelard, os conhecimentos, quanto mais exigem o uso da abstração, mais complexos se tornam, sobretudo devido ao conhecimento prévio que as pessoas carregam (valores, crenças, hábitos etc), que são resistentes e interferem no ato de conhecer. Essa resistência, segundo Bachelard (1996), faz com que obstáculos emergam, dificultando a abstração de novos conhecimentos. A percepção de tais obstáculos é difícil de ser identificada, e geralmente possui traços de nossa subjetividade (BACHELARD, 1996).

Portanto, Bachelard (1996) expõe uma extensa análise sobre obstáculos epistemológicos que surgiram no processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Ilustrando a partir da literatura do século XVIII, o filósofo francês apresenta alguns obstáculos epistemológicos, tais como:

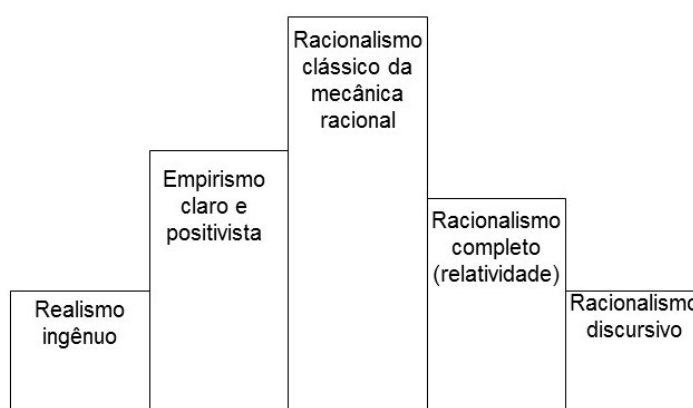
- Obstáculo da primeira experiência: a partir da experiência vivida no cotidiano, as pessoas apresentam a tendência de buscar explicações intuitivas sobre os fenômenos. Nesse obstáculo, a experiência é colocada antes e acima de qualquer crítica. Não estamos afirmando que as ideias são formadas unicamente a partir da experiência empírica do sujeito no mundo, visto que modos de pensar mais elaborados podem surgir dessa forma. Mas destacamos que a experiência primeira é caracterizada pela interpretação intuitiva baseada nessas experiências;
- Obstáculo realista: esse obstáculo é caracterizado por uma forma ingênua do pensamento. São ideias formadas, tipicamente, com base no senso comum, sendo uma verdade quase que absoluta, sendo base para interpretações intuitivas dos fenômenos (BACHELARD, 1996);
- Obstáculo verbal: esse obstáculo é formado a partir da tendência de generalização das ideias. Ele é caracterizado quando uma única imagem ou palavra constitui toda a explicação para um fenômeno (BACHELARD, 1996). Geralmente, as pessoas apresentam a tendência de fazer tais generalizações tentando buscar uma regra de ocorrência geral para os fenômenos ou resumir toda a complexidade de um conceito numa breve explicação. Esse obstáculo também se refere ao uso indiscriminado de termos científicos, palavras, analogias, metáforas e jargões;
- Obstáculo animista: o obstáculo animista é caracterizado, segundo Bachelard (1996), por uma intuição propriamente vitalista quando essa intuição é dirigida aos fenômenos da vida. Ou seja, existe uma tendência em

explicar os fenômenos atribuindo características vitalistas à objetos inanimados ou atribuir a estes a capacidade de gerar e manter a vida na Natureza;

- Obstáculo substancialista: Bachelard (1996) apresenta três tipos de substancialismo: substancialismo do oculto, do íntimo e da qualidade evidente. O substancialismo do oculto e do íntimo dizem respeito às propriedades interiores das substâncias, no sentido de que as substâncias possuem propriedades (substancializadas) dentro de si. Já o substancialismo da qualidade evidente diz respeito à substancialização ou materialização de um fenômeno, processo ou conceito abstrato.

Em outra obra de Bachelard, chamada A Filosofia do Não, publicada originalmente no ano de 1940 , o autor não trata as categorias epistemológicas descritas acima como obstáculos, mas sim, como categorias filosóficas essenciais para compreensão do desenvolvimento de um determinado conceito científico. Neste sentido, Bachelard (1984) propõe a convivência de diversos modos de pensar em um mesmo sujeito, os quais estão dispersos em doutrinas filosóficas, a saber: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo clássico da mecânica racional, racionalismo completo (relatividade) e racionalismo discursivo. Tais doutrinas podem ser representadas através do perfil epistemológico (Figura 01).

Figura 01. Perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa.



Fonte: (BACHELARD, 1984, p. 25).

Com a ideia do perfil epistemológico, Bachelard (1984) afirma que um único conceito é suficiente para dispersar várias doutrinas filosóficas e mostrar que elas são incompletas, ao se basearem em um único aspecto. Para o perfil

epistemológico de massa, por exemplo, representado na Figura 01, Bachelard apresenta como esse conceito está disperso por doutrinas que vão do realismo ingênuo ao racionalismo discursivo. Ao colocar o racionalismo clássico em uma coluna com maior destaque, Bachelard (1984) quer dizer que os modos de pensar como esse compromisso epistemológico (por isso a denominação perfil epistemológico) faz parte, na maior parte do tempo, de suas atividades. Para o conceito de massa, o racionalismo clássico, em destaque na Figura 01, diz respeito à modos de pensar o conceito relacionados com a mecânica clássica newtoniana. Como Bachelard era professor de Física, compreendemos porque esse compromisso epistemológico estava mais presente em sua vida. Em contrapartida, notamos que o realismo ingênuo (concepções intuitivas e sem base científica) e o racionalismo discursivo (oposto ao realismo ingênuo, por apresentar fundamentos em ideias da Física do século XX) são compromissos pouco utilizados em seu dia a dia. O baixo uso do realismo ingênuo pode se justificar, talvez, por uma negação às ideias ingênuas sobre o conceito de massa em seu dia a dia. Já para o racionalismo discurso, acreditamos que o pouco destaque se configura por ter sido um compromisso epistemológico pouco requerido em suas atividades, inclusive na escola.

Ao propor o perfil conceitual, inspirado no perfil epistemológico, Mortimer (2000/2014), além dos compromissos epistemológicos, propõe uma classificação dos modos de pensar em termos de compromissos ontológicos. A ideia é que tais compromisso representem contextos e situações em que os modos de pensar são utilizados, através das formas de falar.

2.1 Compromissos epistemológicos

Numa revisão das obras de Bachelard (1984/1996) e dos perfis conceituais de molécula (MORTIMER, 1997), de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001) e substância (SILVA; AMARAL, 2013), identificamos os seguintes compromissos epistemológicos: realismo, substancialismo, animismo, empirismo, racionalismo e ultrarracionalismo. Abaixo, apresentaremos tais compromissos, a partir da discussão bachelardiana e como eles são usados nos perfis conceituais citados. Na apresentação das zonas do perfil conceitual de calor, em que alguns compromissos estão presentes, optamos por utilizar a denominação proposta por Araújo (2014).

Realismo

Na perspectiva do realismo, a experiência primeira é concebida como uma fonte segura de conhecimento, sem a necessidade de profundas reflexões. Dessa forma, ideias intuitivas ou ingênuas possuem uma grande carga realista. Esse tipo de experiência é considerada em primeiro lugar, e em posição mais elevada em comparação com o aspecto crítico. Portanto, Bachelard (1996) defende que como a crítica – que tem um papel essencial para formação do espírito científico – não pode interferir de modo direto, essa visão não deve ser tomada como uma base bem fundamentada ou confiável. No perfil conceitual de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001), esse compromisso epistemológico está presente na zona “calor como sensação térmica” (ARAÚJO, 2014), em que o calor é compreendido como a sensação térmica quente, tendo o frio como o seu oposto.

Substancialismo

Bachelard (1996) expõe que a concepção substancialista representa um dos obstáculos mais resistentes e refere-se à: “explicação monótona das propriedades pela substância” (BACHELARD, 1996, p. 23). O autor acredita que esse tipo de compromisso epistemológico é caracterizado ao materializar entidades que não são corpos e nem matéria (SILVA; AMARAL, 2013). Esse compromisso é encontrado na zona “calor como substância” (ARAÚJO, 2014) no perfil conceitual de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001). Nessa zona, o calor é materializado e compreendido como uma substância que flui entre os corpos, estando contido neles. O compromisso substancialista também é encontrado nos perfis conceituais de substância (SILVA; AMARAL, 2013) e molécula (MORTIMER, 1997). Nesses perfis, as propriedades das substâncias são substancializadas, segundo a discussão apresentada por Bachelard (1984), quando elas são transferidas para seus constituintes (átomos e moléculas).

Empirismo

No que diz respeito ao empirismo, Bachelard (1984) afirma que o empirismo e racionalismo estão interligados no pensamento científico. É através da experiência empírica, balizada por métodos científicos, que a mente se torna capaz de abstrair e construir modelos. Nesse sentido, o autor destaca que o empirismo sem leis claras, coordenadas ou leis dedutivas não pode ser

ensinado, visto que a experiência empírica deve ser compreendida e o racionalismo aplicado. Esse compromisso sustenta a zona “calor como temperatura”, no trabalho de Araújo (2014), no perfil conceitual de calor, em que o calor é associado à medida de temperatura, especificamente a partir do uso do termômetro, se opondo às sensações térmicas do realismo (AMARAL; MORTIMER, 2001).

Animismo

O compromisso animista, segundo Bachelard (1996), é bastante evidente nos séculos XVII e XVIII. Segundo as ideias animistas, existe uma valorização da capacidade dos materiais em gerar ou manter a vida. Assim, para Bachelard (1996), esse compromisso diz respeito à capacidade dos materiais em dar vida ou, ainda, a personificação de coisas inanimadas (BACHELARD, 1996). O autor expõe que, devido à valorização dada à vida, nessa concepção considera-se que elementos, substâncias, metais, minerais, ímãs, o fluido elétrico e processos orgânicos possuem vida. Esse compromisso é uma das bases da zona “calor como movimento” (ARAÚJO, 2014), encontrada no perfil conceitual de calor.

Racionalismo

No que concerne ao racionalismo, Bachelard (1996) concebe que o mesmo é analisado de modo crítico e abstrato. De acordo com o teórico “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta” (BACHELARD, 1996, p.18). Por conseguinte, é necessária a existência de uma pergunta/problema, que é o que impulsiona a construção do conhecimento. Essa forma de racionalismo é também denominada de racionalismo a priori, no qual os fenômenos se enquadram, independente do momento ou lugar em que ocorreram, em uma mesma explicação.

Esse compromisso epistemológico é encontrado nos perfis conceituais de molécula, calor e substância. No perfil conceitual de molécula (MORTIMER, 1997), esse compromisso epistemológico é encontrado na zona em que a molécula é compreendida, de acordo com a visão clássica, como a menor unidade na qual uma substância pode ser dividida, sem que haja uma mudança em sua natureza química. Já no perfil conceitual de calor, esse compromisso fundamenta a zona “calor como energia” (ARAÚJO, 2014), em que o conceito de calor é compreendido a partir de sua natureza abstrata,

sendo uma forma de manifestação de energia, quando esta se desloca de um corpo mais quente para um corpo frio. No perfil conceitual de substância (SILVA; AMARAL, 2013), esse compromisso epistemológico se encontra na zona de mesmo nome (racionalista), em que as substâncias, semelhante à zona do perfil conceitual de molécula, são entendidas a partir de uma visão clássica, como algo que pode ser isolado, sintetizado e identificado a partir de suas propriedades constantes e bem definidas.

Racionalismo dialético ou ultrarracionalismo

O compromisso relacionado ao racionalismo dialético, que representa a perspectiva ultrarracional, é caracterizado quando as outras formas de conhecimento entram em diálogo e se contradizem, gerando a possibilidade de criar novos conhecimentos. Segundo Bachelard (1984), o que caracteriza o ultrarracionalismo é precisamente o seu poder de divergência e de ramificação. Esse compromisso epistemológico é encontrado no perfil conceitual de molécula e substância (zona relacional). Em ambos os perfis, esse compromisso epistemológico representa um modo de pensar em que algumas propriedades das substâncias são relacionais e não pertencentes às substâncias. Isso significa que as propriedades emergem em um jogo relacional (MORTIMER, 1997; SILVA; AMARAL, 2013) das substâncias com outras espécies químicas no ambiente. Quando se fala em acidez de uma substância, por exemplo, só faz sentido químico se mencionar o solvente (que atuará como base).

No Quadro 01 abaixo, apresentamos de forma resumida os compromissos epistemológicos de Bachelard e os perfis em que eles foram identificados na proposição das zonas do perfil. Mais uma vez, ressaltamos que a identificação dos compromissos epistemológicos é apenas uma das etapas para proposição de um perfil conceitual, sendo necessário, ainda, o levantamento de compromissos ontológicos e axiológicos, a partir de outras fontes de dados.

Quadro 1. Uso de compromissos epistemológicos bachelardianos para caracterizar zonas em perfis conceituais.

PERFIL CONCEITUAL	COMPROMISSO EPISTEMOLÓGICO	ZONAS
Molécula (MORTIMER, 1997)	Substancialismo	Substancialista
	Racionalismo	Molécula na Química Clássica
	Ultrarracionalismo	Propriedades relacionais
Calor (AMARAL; MORTIMER, 2001; ARAÚJO, 2014)	Realismo	Calor como sensação térmica
	Animismo	Calor como movimento
	Substancialismo	Calor como substância
	Empirismo	Calor como temperatura
	Racionalismo	Calor como energia
Substância (SILVA; AMARAL, 2013)	Realismo	Generalista
	Substancialismo	Substancialista
	Racionalismo	Racionalista
	Ultrarracionalismo	Relacional

Fonte: própria.

3 METODOLOGIA

Utilizamos uma abordagem metodológica de caráter qualitativo, a partir de uma análise na natureza das formas de falar, que representam modos de pensar, o conceito de elemento no seu desenvolvimento histórico, contemplando o domínio sócio genético (WERTSCH, 1985). Para isso, realizamos uma pesquisa bibliográfica em fontes primárias e, sobretudo, secundárias de História da Química, sendo esse tipo de pesquisa caracterizada por sua fonte de dados ser propriamente a bibliografia da pesquisa. Apresentamos, no Quadro 2, as fontes utilizadas para o levantamento de concepções.

Quadro 2. Fontes utilizadas para levanto histórico do conceito de elemento.

Fonte consultada	Tipo
ARISTÓTELES. Metafísica . São Paulo: Edipro Editora, 363p. 2006.	Primária
BACHELARD, G. A Filosofia do Não; O Novo Espírito Científico; A Poética do Espaço . Seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; Traduções de Joaquim José Moura Ramos... (et. Al.) – 2 ed., Os Pensadores – São Paulo, Editora Abril Cultural, 1984.	Secundária

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro, Editora Contraponto, 1996.	Secundária
BENSAUDE-VINCENT, B.B.; STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. In: OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. Química Nova na Escola , n. 16, nov., 2002, p. 21-25.	Secundária
BRITO, A. S. “Flogisto”, “Calórico” & “Éter”. Ciência & Tecnologia dos Materiais , Vol. 20, n.º 3/4, 2008.	Secundária
FILGUEIRAS, C.A.L. 200 anos de Teoria Atômica de Dalton. Química Nova na Escola , n. 20, p. 38-44, 2004.	Secundária
GREENBERG, A. Uma breve história da química: da alquimia às ciências moleculares modernas. Trad. Henrique Toma, Paola Corio, Viktoria Osório. São Paulo: Edgar Blucher, 2009.	Secundária
OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. Química Nova na Escola , n. 16, nov., 2002, p. 21-25.	Secundária
PLATÃO, Timeu – Crítias. Tradução do grego, introdução, notas e índices: Rodolfo Lopes. Coimbra, Editora: Centro de Estudos Clássicos e Humanísticos, 2011. Edição: 1ª/2011.	Primária
PARTINGTON, J. R.; A Short History of Chemistry , 3rd ed., New York: Dover Publications, 415p.1989	Secundária
REIS, M. Química 1. São Paulo: Ed. Ática, 2013. 428p.	Secundária
STRATHERN, P. O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.	Secundária
TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. e CHAGAS, Aécio Pereira. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. Quím. Nova [online]. 1997, vol.20, n.1, pp. 103-117.	Secundária

Fonte: própria.

Mortimer, Scott e El-Hani (2009) apontam a importância do uso de fontes históricas secundárias para a coleta de dados no programa de pesquisa sobre perfis conceituais, pois estas apresentam análises epistemológicas sobre o conceito em estudo, sendo instrumentos na compreensão da construção de significados no domínio sócio genético. Essa compreensão pode levar o pesquisador a definir os compromissos epistemológicos, objetivo desse artigo. Assim, justificamos uma quantidade maior de fontes secundárias utilizadas.

A justificativa para contemplar o domínio sócio genético está na metodologia para proposição de perfis conceituais, apresenta por Mortimer e El-Hani (2014). No domínio sócio genético, segundo Wertsch (1985), a construção do conhecimento é produto das relações sociais (produção coletiva), influenciadas pela cultura e época. Assim, o levantamento de concepções em diferentes períodos históricos se torna essencial na compreensão dos diversos modos de pensar e caracterização de compromissos epistemológicos (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

A análise nesse trabalho foi realizada com base na epistemologia de Bachelard (1984; 1996), buscando identificar os compromissos epistemológicos no desenvolvimento histórico do conceito de elemento. Consideramos as ideias mais frequentes apresentadas nos seguintes períodos históricos: Idade Antiga, Idade Média e nos séculos XVII, XVIII, XIX e XX.

Utilizamos para análise das concepções levantadas os seguintes compromissos epistemológicos: realismo, animismo, substancialismo, empirismo, racionalismo e ultrarracionalismo. Para identificar esses compromissos, traçamos os seguintes critérios, com base na discussão apresentada por Bachelard (1984; 1996) e pelas apropriações feitas na proposição de perfis conceituais por Mortimer (1997), Amaral e Mortimer (2001) e Silva e Amaral (2013):

Quadro 3. Critérios de análise para identificação dos compromissos epistemológicos.

Compromisso epistemológico	Critério de identificação
Realismo	Ideias intuitivas sobre o conceito de elemento, em que objetos são interpretados como objetos/corpos simples ou elementares
Animismo	A existência de elementos que são essenciais para a geração e manutenção da vida
Substancialismo	Os elementos, concebidos dentro de uma visão abstrata, são substancializados (materializados) como fluidos que existem no mundo real
Empirismo	Representa uma transição para uma visão racionalista. Agora dentro do contexto da Química, a existência dos elementos químicos é concebida a partir da interpretação de experimentos na manipulação de substâncias simples.
Racionalismo	Os elementos químicos são caracterizados por atributos subatômicos, como número de prótons, nêutrons ou elétrons. A ideia de que um elemento químico é representado por um átomo individual.

Ultrarracionalista	A existência dos elementos químicos é abstrata, não sendo possível sua manipulação no mundo real. Elementos são encontrados nas substâncias, mas não de forma isolada.
--------------------	--

Fonte: própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos critérios estabelecidos, identificamos os compromissos epistemológicos realismo, substancialismo, animismo, empirismo, racionalismo e ultrarracionalismo. Tais compromissos se encontram dispersos em diversos períodos históricos, mostrando a heterogeneidade que o conceito de elemento foi adquirindo ao longo da história, em função do período histórico. A seguir, apresentaremos os modos de pensar que expressam os compromissos epistemológicos, a partir dos critérios apresentados na metodologia deste artigo.

4.1 Realismo

Strathern (2002) argumenta que o registro mais antigo sobre o pensamento de como seria constituído o mundo material, é o de Tales de Mileto que viveu no século VI a. C. Ao observar um fóssil marinho em uma montanha, o filósofo grego considerou que essa fosse uma evidência que aquele local um dia tinha sido composto por água. Então, a essência das coisas seria a água, mudando apenas o estado de condensação (STRATHERN, 2002). A ideia de essência era vinculada à noção de a água ser um princípio ou elemento, sendo sua natureza, no mundo material, elementar.

Observamos que as ideias de Tales apresentavam o compromisso realista, pois sua explicação para constituição elementar da matéria está articulada a ideias intuitivas geradas a partir de experiências diretas em situações do dia a dia. A noção de que tudo é constituído por água era advinda do fato de que a qualidade “úmido” era encontrada em todas as coisas (PARTINGTON, 1985), evidenciando o realismo bachelardiano.

Também podemos observar ideias realistas na noção nas demais ideias da Escola Jônica, sobre os princípios da Natureza. Assim como Tales de Mileto, outros filósofos, tais como Anaxímenes (588 a.C – 524 a.C) e Anaximandro (610 a.C – 547 a.C). Para Anaxímenes, o elemento primordial seria o ar,

enquanto que, para Anaximandro, o elemento era o aiperon, uma matéria infinita, que teria dado origem a todas as coisas. Empédocles de Agrigento (490 a.C – 430 a.C) propôs a existência de quatro elementos (água, terra, ar e fogo), que estariam na composição de todos os corpos materiais na Natureza. A definição de elemento, como princípio de todas as coisas, tinha como base a manifestação desses corpos na Natureza.

Segundo Maar (1999), o termo elemento – stoicheion - foi utilizado a primeira vez pelo filósofo Platão, em sua obra Timeu – Crítias– escrito em 360 a.C, após as especulações dos filósofos da Escola Jônica sobre os princípios da Natureza. Neste livro, o filósofo grego discute a passagem da noção dos quatro elementos de Empédocles de entidades amorfas para corpos materiais.

Segundo Aristóteles (2006), o mundo material era formado pelos quatro elementos ar, água, terra e fogo, como afirmara Empédocles, com a adição do quinto elemento (ou quintessência), chamado éter, uma substância fluida que estaria na composição dos corpos no mundo celeste. A ideia de que os quatro elementos seriam, de fato, corpos elementares, se estendeu por toda Antiguidade e Idade Média, até os estudos no campo da Química dos gases, que teve início com Robert Boyle (1627 – 1691) no século XVII.

4.2 Animismo

Na Idade Média encontramos ideias animistas sobre o conceito de elemento. Além dos modos de pensar realistas, expressos na noção dos 4 elementos filosóficos, que perdurou até o século XVII, é possível encontrar ideias animistas, as quais consideram que os elementos são responsáveis por gerar e manter a vida ou eles mesmos apresentarem atributos de seres vivos, contemplando, assim, o critério definido para classificação desse compromisso.

Esse tipo de concepção é encontrado na ideia da tria prima, atribuída ao alquimista Paracelso (1493-1541). De acordo com Greenberg (2009), Paracelso utilizou uma antiga noção da composição da matéria pelo “Mercúrio Sáfico” e “Enxofre Sáfico” que geralmente eram caracterizados, respectivamente, como masculino e feminino, semelhante aos animais. Essa noção, utilizada por Paracelso, segundo Oki (2002), é de autoria do alquimista

árabe Jabir ibn Hayyan ainda no ano 800 d.C. Paracelso adicionou o princípio sal ao enxofre e mercúrio, propostos por Jabir, representando o corpo físico. Na concepção de Paracelso, o enxofre representava a alma e o mercúrio o espírito. Diferentemente dos 4 elementos filosóficos, a tria prima representam princípios e não corpos materiais. As qualidades de gênero “masculino” e “feminino” eram conferidas a estes princípios, sendo a sua união responsável por toda formação da natureza. Assim, percebemos o forte compromisso animista, visto que tais princípios representam qualidades antropomórficas, assumindo o papel de espírito, corpo e alma e sendo responsáveis pela manutenção da vida na Natureza, de acordo com os critérios de análise estabelecidos.

4.3 Substancialismo e empirismo

Identificamos o compromisso epistemológico substancialista e empirista nas ideias de Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794), no século XVIII, quando ele propôs a primeira tabela para elementos químicos e em sua definição de elemento. Identificamos que esses dois compromissos davam base às ideias sobre elemento na época, visto que a noção de materialização dos elementos (não mais princípios abstratos, mas corpos manipuláveis) era acompanhada pela possibilidade de identificação dos elementos a partir da experimentação e determinação de propriedades.

Mesmo adotando a concepção de Robert Boyle sobre a natureza elementar dos elementos, ele classifica o calórico e a luz como elementos (PARTINGTON, 1985). Segundo Bachelard (1996), uma das características do substancialismo é a mudança na compreensão ontológica do conceito, apontada como critério de classificação desse compromisso para o conceito de elemento. Aquilo que tem uma natureza abstrata ou imaterial é materializado ou substancializado. Dessa forma, Lavoisier substancializa a luz e o calórico, considerando-os como elementos (numa mudança na ontologia). Vale salientar que Lavoisier considerava os elementos como corpos materiais, numa compreensão mais concreta do conceito, o que caracteriza sua substancialização e empirismo, visto que a definição de elemento se baseia na capacidade de manipulação e análise.

Já na proposição do conceito de elemento químico, feita anteriormente por Robert Boyle, se nota a presença do substancialismo quando ele considera

elementos como corpos concretos, possuindo uma estrutura simples. Podemos observar isso em seu livro “O Químico Cético” (1661), em que Boyle afirma:

Chamo agora elementos certos corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura, que não são constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros, que são os ingredientes a partir dos quais todos os corpos que chamamos misturas perfeitas são compostos de modo imediato, e nos quais estes últimos podem ser finalmente resolvidos. E o que me pergunto agora é se existe um corpo deste tipo que se encontre de modo constante em todos, e em cada um, daqueles que se dizem constituídos por elementos (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992 apud OKI, 2002, p. 23).

Na citação acima, notamos que a definição fornecida por Robert Boyle para o é baseada na possibilidade de os elementos serem ingredientes para formação de outros corpos. Essa concepção foi importante, servindo como base para não mais considerar os elementos filosóficos como corpos elementares. Para Boyle, parecia ser claro que a água e o ar, por exemplo, poderiam se decompor. Em sua concepção, os elementos não podem ser decompostos, as substâncias obtidas por meio de análises representavam o limite da matéria (OKI, 2002). Tal conhecimento possui um forte compromisso substancialista e empirista, de acordo com os critérios estabelecidos para identificação desses compromissos.

Lavoisier, em sua obra “Tratado Elementar de Química” (1789), apresenta compromissos substancialista, a partir da ideia de possibilidade de manipulação de substâncias para a sua decomposição em elementos. Ele utilizou o conceito introduzido por Boyle, atribuindo ao elemento existência concreta, no entanto, chamava de elemento o que é na realidade substância simples (OKI, 2002), justamente pela possibilidade de manipulação, caracterizando, também, o empirismo. Ou seja, Para Lavoisier, o elemento oxigênio era a substância simples O_2 , a qual não pode ser mais decomposta, se apresentando em sua forma mais elementar. Assim, noções sobre as propriedades dos elementos químicos foram baseadas a partir experimentos com as substâncias em sua forma mais elementar, indicando o compromisso empirista.

Uma visão substancialista e empirista sobre o conceito de elemento também é observada na linguagem atual química, quando formas de falar são usadas

para se referir às propriedades dos elementos, considerando-os como entidades concretas passíveis de manipulação. O conteúdo “propriedades periódicas dos elementos químicos” se encontra em diversos livros didáticos, e é comum, por exemplo, frases do tipo “Determinados elementos possuem tendência a perder elétrons (como os metais) ou a ganhar elétrons (como os ametais)” (REIS, 2013 p. 215).

4.4 Racionalismo

Já com Mendeleiev (1834 – 1907), no século XIX, consideramos que a compreensão epistemológica do conceito de elemento começa a ganhar traços de racionalismo, quando se percebe o esforço em diferenciar o conceito de substância simples e elemento. Tal esforço faz com que a compreensão do conceito de elemento comece a sair de uma visão concreta e passe a ser entendido de forma abstrata.

Em seu artigo “A lei periódica dos elementos químicos” de 1871, Mendeleiev coloca que:

Tal como Laurent e Gerhardt empregaram as palavras molécula, átomo e equivalente indistintamente, também hoje em dia se confundem frequentemente as expressões corpos simples e elemento. Contudo, cada uma delas tem um significado bem distinto, que importa precisar para evitar confusões nos termos da filosofia química. Um corpo simples é qualquer coisa de material, metal ou metalóide, dotada de propriedades físicas e químicas. A expressão corpo simples corresponde à ideia de molécula[...]. Pelo contrário, deve-se reservar o nome de elemento para caracterizar as partículas materiais que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico. A palavra elemento corresponde à ideia de átomo (Bensaude-Vincent e Stengers, 1992 apud Oki, 2002, p.24).

Não sozinho, mas, a partir da contribuição trabalhos desenvolvidos por Avogadro, Laurent, Gerhardt e Canizzaro, Mendeleiev se propôs a fazer uma associação entre elemento químico e átomo, separando a ideia de que elemento seriam corpos simples. Para ele, o elemento seria aquilo que também estava na composição das substâncias simples, ou seja, o átomo. Segundo Tolentino (1997), nesse momento, o elemento químico deixa de ser entendido como uma coisa palpável, manipulável, para ser um ente abstrato. Segundo os critérios aqui estabelecidos, tal modo de pensar pode ser caracterizado com um compromisso epistemológico racionalista, em que,

segundo Bachelard (1984), as percepções se afastam do real e concreto, e o sujeito começa a fazer uso de sua capacidade de abstração. Bachelard (1984, p. 34) expõe que:

Basta-nos aqui sublinhar-lhe o caráter racionalista. Com efeito, estudando o princípio das investigações que nasceram da organização das substâncias elementares de Mendeleiev, verifica-se que a pouco e pouco a lei antecede o fato, que a ordem das substâncias se impõe como uma racionalidade. (...) É uma coleção de estados possíveis para uma propriedade particular. Um elemento não é uma heterogeneidade condensada. É uma homogeneidade dispersa. O seu caráter elementar é demonstrado pela coerência racional que resulta de uma distribuição regular dos seus estados possíveis.

Diante disso, Bachelard (1984) argumenta que a partir de uma compreensão da lei geral, sobre a composição dos materiais e características dos elementos químicos, Mendeleiev foi capaz de prever a existência de certos elementos, antes mesmo da descoberta deles. Assim, a lei antecedia o fato a partir da possibilidade de abstração do conceito de elemento.

4.5 Ultrarracionalismo

Os conhecimentos da mecânica quântica e da física de partículas no século XX introduziram alterações que foram essenciais na conceituação de elemento. As considerações de que átomos de um mesmo elemento pudessem ter pesos diferentes, o que significava que o segundo postulado de Dalton poderia estar errado, impulsionaram a busca por essa resposta que seria encontrada por Frederick Soddy (1877-1956) ao propor o termo isótopo (OKI, 2002). A elaboração dos conceitos de isótopos e nuclídeos muda a forma de conceituar, pois a noção de elemento passou a comportar diversos isótopos (TOLENTINO et al., 1989) e levar em consideração a configuração eletrônica e os elétrons de valência que formam as ligações químicas.

Nas palavras de Bachelard (1984, p. 36): “ao explicar a natureza química de um elemento através de uma organização de corpúsculos elétricos, a ciência contemporânea estabeleceu uma nova rotura epistemológica”. A partir do século XX, assim, percebemos que a concepção de elemento pode ser caracterizada como ultrarracionalista, que corresponde a um modo de pensar mais complexo, utilizando elevado grau de abstração, no qual o conceito não está relacionado a referentes concretos, de acordo com nossos critérios de análise.

Diante de tal abstração, não faz sentido quantificarmos os elementos químicos em um composto, mas, analisamos quantos tipos de elementos estão na composição. Isso faz com que a ideia de elemento químico se afaste da noção de átomo, proposta anteriormente por Mendeleiev. Por exemplo, numa molécula de água – H₂O – não faz sentido afirmar que tal estrutura é formada por três elementos químicos. Mas, sim, tal molécula é composta por três átomos e dois tipos de elementos: hidrogênio e oxigênio.

4.6 Compromissos epistemológicos do conceito de elemento e possíveis zonas de um perfil conceitual

Consideramos que os compromissos epistemológicos identificados e apresentados nos tópicos anteriores podem caracterizar possíveis zonas de um perfil conceitual. Apesar da aparente linearidade do surgimento dos compromissos, eles emergiram de forma simultânea em várias épocas e coexistem hoje, podendo estar dispersos entre concepções informais e científicas discutidas em sala de aula.

De uma forma geral, e de acordo com a análise apresentada anteriormente, podemos destacar alguns compromissos epistemológicos que predominaram nos momentos históricos aqui apresentados (focando no contexto da Ciência):

- Idade Antiga: realismo + animismo (a noção dos quatro elementos filosóficos, como princípios abstratos, formando toda a natureza e a ideia que tais elementos seriam a essência ou ser das coisas);
- Idade Média: realismo + animismo (ainda a noção dos quatro elementos filosóficos predominante e o surgimento da teoria da tria prima de Paracelso);
- Séculos XVIII, XIX: empirismo + substancialismo (a ideia de elemento sai do campo abstrato (princípios) para o concreto, sendo caracterizado a partir da possibilidade de manipulação e determinação de propriedades a partir da experimentação na Química);
- Século XX e contemporaneidade: racionalismo + ultrarracionalismo (a noção de que elemento químico é o próprio átomo, defendida por Mendeleiev, e a abstração do conceito, a partir da consideração de que elementos químicos são entidades abstratas que compõem os corpos materiais).

Apesar de tal predominância identificada na pesquisa, em termos de desenvolvimento epistemológico, não podemos afirmar que nessas épocas apenas existiram esses compromissos, numa relação linear “época – compromisso epistemológico”. Ressaltamos que a análise aqui apresentada se restringiu ao contexto científico, sendo possível observar outros compromissos em diferentes épocas nos demais contextos fora da Ciência. Por exemplo, mesmo que o compromisso racionalista e ultrarracionalista tenha sido predominante no contexto da Ciência no século XIX, seria possível identificar o compromisso realista em outros contextos, como no senso comum, por exemplo.

Uma das evidências que temos da coexistência desses compromissos epistemológicos hoje é no estudo das propriedades físicas e químicas dos elementos. Quando analisamos, por exemplo, a tabela periódica e observamos o quanto cresce a eletronegatividade quando aumentamos o número atômico, não estamos vendo a eletronegatividade do elemento em si, mas de uma propriedade “medida” a partir de experimentos com substâncias simples (essas, sim, possíveis de serem manipuladas). Porém, nesse contexto, tais propriedades são transferidas para os elementos, mostrando dois tipos de compromissos epistemológicos: o substancialismo, pela ideia de manipulação dos elementos para “medição” das propriedades, e o empirismo, sendo caracterizado pela ideia da experimentação científica para compreensão do conceito.

Diante dessa discussão, notamos que possíveis zonas para um perfil conceitual de elemento podem ser propostas, visto que tais compromissos também foram identificados em outros perfis conceituais, tais como o de calor e substância. No Quadro 04, abaixo, mostramos os compromissos epistemológicos que os conceitos de molécula, calor, substância e elemento têm em comum.

Quadro 04 – Compromissos epistemológicos de molécula, calor, substância e elemento e zonas do perfil conceitual.

Compromisso Epistemológico (BACHELARD, 1984/1996)	Molécula (MORTIMER, 1997)	Calor (AMARAL; MORTIMER, 2001; ARAÚJO, 2014)	Substância (SILVA; AMARAL, 2013)	Possível zona para o conceito de elemento
Realismo	-	Calor como sensação térmica	Zona Generalista	Realista

Substancialismo	Zona Substancialista	Calor como movimento	Zona Substancialista	Substancialista
Empirismo	-	Calor como substância	-	Empirista
Animismo	-	Calor como temperatura	-	Animista
Racionalismo	Molécula na Química Clássica	Calor como energia	Zona Racionalista	Racionalista
Ultrarracionalismo	Propriedades relacionais	-	Zona Relacional	Ultrarracionalista

Fonte: própria.

Um delineamento mais preciso das possíveis zonas de um perfil conceitual para elemento será possível com a complementação dos dados, dentro da metodologia proposta para perfis conceituais (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; MORITMER; EL-HANI, 2014), definindo, também, compromissos ontológicos e axiológicos. Assim, essas zonas só poderão ser confirmadas com um estudo de concepções informais de alunos, bem como uma análise microgenética da construção de significados em sala de aula. Diante disso, com a complementação dos dados, novas zonas podem surgir, alguma pode desaparecer ou duas ou mais zonas se aglutinarem, formando uma só.

Importante também ressaltar que na ampliação de dados para proposição das zonas do perfil conceitual, os compromissos epistemológicos propostos por Bachelard podem não dar conta de diversidade de concepções que podem emergir em outros contextos, sendo necessário buscar outros compromissos. Destacamos que os dados aqui apresentados são advindos apenas de contextos históricos, contemplando o domínio sóciogenético, de acordo com a metodologia de proposição de perfis conceituais. Além disso, como observamos uma tendência no programa de pesquisa em perfis conceituais em um rompimento com as ideias de Bachelard, os nomes aqui propostos para as possíveis zonas podem mudar, também dependendo da ampliação dos dados, a partir do levantamento de concepções em outros contextos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado, podemos inferir que a análise no desenvolvimento histórico do conceito de elemento mostrou como este conceito apresentou diversos modos de pensar ao longo da história, identificados a partir de formas de falar. Com base na epistemologia de Gaston Bachelard, pudemos identificar alguns compromissos

epistemológicos, que fazem parte da natureza dos modos de pensar do conceito de elemento.

A identificação dos compromissos epistemológicos de modos de pensar o conceito de elemento, no seu desenvolvimento histórico, representa a diversidade de concepções atribuídas a ele, portanto, consiste em um conceito polissêmico. Os compromissos epistemológicos, de acordo com as categorias de Bachelard, deram conta das formas de falar encontradas no desenvolvimento histórico do conceito, porém, não descartamos a hipótese de que outros compromissos podem surgir, inclusive aqueles que não se enquadram na epistemologia bachelardiana.

A nosso ver, esses compromissos podem caracterizar as possíveis zonas de um perfil conceitual e apontamos como perspectiva para trabalhos futuros. De acordo com a metodologia considerada neste trabalho, para a proposição de perfis conceituais (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; MORTIMER; EL-HANI, 2014) as zonas para um perfil necessitam de uma investigação sobre concepções informais de alunos, e também de uma análise microgenética da construção de significados em sala de aula. A partir dessa complementação dos dados, novas zonas podem surgir, alguma pode não ser ratificada ou duas ou mais zonas se tornarem apenas uma.

Ressaltamos a importância da proposição de um perfil conceitual para elemento, visto a polissemia do conceito e a possibilidade de emergência de diferentes formas de falar em sala de aula. Mesmo havendo uma sobreposição das possíveis zonas para elemento e aquelas já existentes nos perfis conceituais de substância e molécula e a convergência de modos de pensar encontrados no desenvolvimento histórico, em outros contextos, tais como no senso comum, a ideia de elemento pode ser explicitada em formas de falar que se diferem bastante dos conceitos de substância e molécula. Em contextos como a Matemática, por exemplo, formas de falar sobre o conceito de elemento também são utilizadas, sem nenhuma relação com os conceitos de substância e molécula. As similaridades de compromissos epistemológicos, neste artigo, foram identificadas em momentos históricos, dentro do contexto da Ciência, podendo divergir quando da ampliação de dados no levantamento de concepções em outros contextos.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma Proposta de um Perfil Conceitual para o conceito de calor. Belo Horizonte. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 1, Nº 3, p. 1-16. 2001.
- ARAÚJO, A. O. O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação (UFMG). 2014.
- ARISTÓTELES. Metafísica. São Paulo: Edipro Editora, 363p. 2006.
- BACHELARD, G. A Filosofia do Não; O Novo Espírito Científico; A Poética do Espaço. Seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; Traduções de Joaquim José Moura Ramos... (et. Al.) – 2 ed., Os Pensadores – São Paulo, Editora Abril Cultural, 1984.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro, Editora Contraponto, 1996.
- BENSAUDE-VINCENT, B.B.; STENGERS, I. História da Química. Trad. xxx. Lisboa: Editora Piaget, 1992. In: OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. Química Nova na Escola, n. 16, nov., 2002, p. 21-25.
- BRITO, A. S. “Flogisto”, “Calórico” & “Éter”. Ciência & Tecnologia dos Materiais, Vol. 20, n.º 3/4, 2008.
- DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: Pietrocola, M. (Org.) Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.
- LIMA, M. A. M.; MARINELLI, M. A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. Revista de Ciências Humanas, Florianópolis, v. 45, n. 2, p. 393-406, out. 2011. ISSN 2178 -4582. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revistacfh>>. Acesso em: 09 jan. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2178-4582.2011v45n2p393>.
- LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n3: p.248-273, dez.1996.
- LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. Enseñanza de Las Ciencias, v. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.
- MORENO ARMELLA, L. E.; WALDEGG, G. La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿coincidencia o complementariedad? Enseñanza de las Ciencias, v. 16, n. 3, p. 421-429, 1998.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

_____. *Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2000.

_____. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química Nova*, 20 (2). 1997.

MORTIMER, E.F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências*. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. *A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. Series: Contemporary Trends and Issues in Science Education. Hollanda: Springer. Vol. 42, XVII, 2014, 330 p.

OLIVEIRA, R. J. *A escola e o ensino de ciências*. São Leopoldo: Unisinos, 2000.

OKI, M. C. M. O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade. *Química Nova na Escola*, n. 16, nov., 2002, p. 21-25.

PARTINGTON, J. R.; *A Short History of Chemistry*, 3rd ed., New York: Dover Publications, 415p.1989.

PLATÃO. *Timeu – Crítias*. Tradução do grego, introdução, notas e índices: Rodolfo Lopes. Coimbra, Editora: Centro de Estudos Clássicos e Humanísticos, 2011. Edição: 1ª/2011.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata, 1998.

REIS, M. *Química 1*. São Paulo: Ed. Ática, 2013. 428p.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Vol. 13, Nº 3, p. 53-72. 2013.

STRATHERN, P. *O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar , 2002.

TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. e CHAGAS, Aécio Pereira. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Quím. Nova* [online]. 1997, vol.20, n.1, pp. 103-117. ISSN 1678-7064.

WERTSCH, J. V. *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1985. 262 p.