



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

GLEYBSON RODRIGUES DO NASCIMENTO

**A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO
ESTÁ PRESENTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNL D 2021?**

Recife
2023

GLEYBSON RODRIGUES DO NASCIMENTO

**A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO
ESTÁ PRESENTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2021?**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Angela Vasconcelos de Almeida

Recife

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N244e Nascimento, Gleybson Rodrigues
A evolução histórica do conceito de elemento químico está presente nos livros didáticos do PNLD 2021?
/ Gleybson Rodrigues Nascimento. - 2023.
75 f. : il.
- Orientadora: Profa. Dra. Maria Angela Vasconcelos de Almeida.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Química, Recife, 2023.
1. Elemento Químico . 2. Ensino Médio. 3. Construção Histórica. 4. Paradigma. 5. Livro Didático. I.
Almeida, Profa. Dra. Maria Angela Vasconcelos de, orient. II. Título

GLEYBSON RODRIGUES DO NASCIMENTO

**A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO
ESTÁ PRESENTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2021?**

Aprovado em: 03 de maio de 2023.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Maria Angela Vasconcelos de Almeida
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^a. Dr^a. Michele France Paula da Cruz
Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas – CODAI/UFRPE

RESUMO

O presente trabalho tem como tema principal o desenvolvimento histórico do conceito de elemento ao longo do tempo, buscando compreender como tal conceito vem sofrendo profundas mudanças. Escolhemos a evolução histórica do referido conceito na medida em que reconhecemos que é fundamental para a evolução da química como ciência moderna e da contemporaneidade. Nesse sentido, vamos analisar como o contexto histórico relacionado à evolução do conceito de elemento químico é abordado em livros didáticos do Ensino Médio. Tal análise inicia o entendimento que o conceito tem seu início na antiguidade e sofre uma mudança profunda no período denominado modernidade. Portanto, vamos iniciar a construção histórica a partir de concepções dos filósofos antigos e dos cientistas na modernidade, alterando o paradigma anterior a respeito do conceito de elemento. Portanto, o trabalho tem como objetivo principal identificar se as coleções de livros do Ensino Médio utilizam o desenvolvimento histórico do conceito. Para isso, foram escolhidos seis livros de quatro coleções distintas do PNLD 2021 do Ensino Médio, para averiguar se há coerência histórica sobre o conceito de elemento e a maneira como são apresentados. Por fim, graças às análises destes livros, os resultados apontam que o conceito de elemento químico presente em livros do Ensino Médio ainda é essencialmente tradicional, já que esta definição se faz de maneira isolada, com pouca ou sem nenhuma abordagem histórica, ainda que o conceito (sua definição) seja corretamente especificado.

Palavras-chave: Elemento Químico. Ensino Médio. Paradigma. Construção Histórica. Livro Didático.

ABSTRACT

The main theme of this work is the historical development of the concept of element over time, seeking to understand how this concept has undergone profound changes. We chose the historical evolution of that concept as we recognize that it is fundamental for the evolution of chemistry as a modern and contemporary science. In this sense, we will analyze how the historical context related to the evolution of the concept of chemical element is addressed in high school textbooks. Such an analysis begins with the understanding that the concept has its beginnings in antiquity and undergoes a profound change in the period called modernity. Therefore, we are going to start the historical construction from conceptions of ancient philosophers and scientists in modernity, changing the previous paradigm regarding the concept of element. Therefore, the main objective of this work is to identify whether high school book collections use the historical development of the concept. For this, four books were chosen from six different collections of the High School PNLD 2021, to check if there is historical coherence about the concept of element and the way they are presented. Finally, thanks to the analysis of these books, the results indicate that the concept of chemical element present in high school books is still essentially traditional, since this conceptualization is done in an isolated way, with little or no historical approach, even if the concept (its definition) is correctly specified.

Keywords: Chemical Element. High School. Paradigm. Historic Building. Textbook.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DEMÓCRITO.....	15
FIGURA 2 - QUALIDADES DOS QUATRO ELEMENTOS.....	16
FIGURA 3 - EMPÉDOCLES DE AGRIGENTO.....	17
FIGURA 4 - ARISTÓTELES.....	17
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO ALEGÓRICA DAS OPERAÇÕES LABORATORIAIS QUÍMICAS.....	18
FIGURA 6 - SÍMBOLOS ALQUÍMICOS, COM A REPRESENTAÇÃO DOS QUATRO ELEMENTOS.....	19
FIGURA 7 - CAPA DO LIVRO “O ALQUIMISTA”	21
FIGURA 8 - FRANCIS BACON.....	22
FIGURA 9 - JOHN LOCKE.....	22
FIGURA 10 - ROBERT BOYLE.....	25
FIGURA 11 - FRONTISPÍCIO DE “THE SCEPTICAL CHYMIST”	27
FIGURA 12 - ANTONIE LAURENT LAVOISIER.....	28
FIGURA 13 - FRONTISPÍCIO DO “TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE”	31
FIGURA 14 - JOHN DALTON.....	32
FIGURA 15 - FRONTISPÍCIO DE “A NEW SYSTEM OF CHEMICAL PHILOSOPHY”	34
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS E COMPOSTOS POR DALTON.....	34
FIGURA 17 - VERSÃO DOS SÍMBOLOS DOS ELEMENTOS E COMPOSTOS POR DALTON.....	35
FIGURA 18 - GAY LUSSAC.....	36

FIGURA 19 - AMADEO AVOGADRO.....	38
FIGURA 20 - DMITRI MENDELEIEV.....	44
FIGURA 21 - A TABELA PERIÓDICA DE MENDELEIEV, PUBLICADA EM 1869.....	45
FIGURA 22 - TABELA DE MENDELEIEV NA FORMA VERTICAL, DE 1872.....	46
FIGURA 23 - TABELA DE MENDELEIEV NA FORMA HORIZONTAL, DE 1872.....	46
FIGURA 24 - CAPA DO VOL.1 “EVOLUÇÃO E UNIVERSO” DA COLEÇÃO “CIÊNCIAS DA NATUREZA – LOPES E ROSSO”.....	50
FIGURA 25 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “EVOLUÇÃO E UNIVERSO”.....	51
FIGURA 26 - CAPA DO VOL.4 “ORIGENS” DA COLEÇÃO “MULTIVERSOS – CIÊNCIAS DA NATUREZA”.....	52
FIGURA 27 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “ORIGENS”.....	53
FIGURA 28 - CAPA DO VOL.3 “MATERIAIS, LUZ E SOM: MODELOS E PROPRIEDADES”.....	54
FIGURA 29 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “MATERIAIS, LUZ E SOM: MODELOS E PROPRIEDADES”.....	54
FIGURA 30 - CAPA DO LIVRO “O CONHECIMENTO CIENTÍFICO”.....	56
FIGURA 31 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “O CONHECIMENTO CIENTÍFICO”.....	56
FIGURA 32 - CAPA DO VOL.3 “ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS CORPOS”.....	58
FIGURA 33 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS CORPOS”.....	58-59

FIGURA 34 - CAPA DO VOL.1 DO LIVRO “O UNIVERSO DA CIÊNCIA E A CIÊNCIA DO UNIVERSO”	60
FIGURA 35 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “O UNIVERSO DA CIÊNCIA E A CIÊNCIA DO UNIVERSO”	60
FIGURA 36 - SUGESTÕES PARA ANÁLISES DE LIVROS DIDÁTICOS.....	62
FIGURA 37 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	63
FIGURA 38 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “EVOLUÇÃO E UNIVERSO”	64
FIGURA 39 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “ORIGENS”	66
FIGURA 40 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “MATERIAIS, LUZ E SOM: MODELOS E PROPRIEDADES”	67
FIGURA 41 - CONCEITO DE ELEMENTO QUÍMICO DO LIVRO “O CONHECIMENTO CIENTÍFICO”	68
FIGURA 42 - CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DOS CORPOS”	69
FIGURA 43 - CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “O UNIVERSO DA CIÊNCIA E A CIÊNCIA DO UNIVERSO”	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - SÍMBOLOS ALQUÍMICOS E SEUS RESPECTIVOS SIGNIFICADOS.....	20
TABELA 2 - SUBSTÂNCIAS SIMPLES QUE PERTENCEM AOS TRÊS REINOS E QUE PODEM SER CONSIDERADAS COMO ELEMENTOS DOS CORPOS.....	29
TABELA 3 - SUBSTÂNCIAS SIMPLES NÃO METÁLICAS OXIDÁVEIS E ACIDIFICÁVEIS.....	30
TABELA 4 - SUBSTÂNCIAS SIMPLES METÁLICAS OXIDÁVEIS E ACIDIFICÁVEIS.....	30
TABELA 5 - SUBSTÂNCIAS SIMPLES TERROSAS E SALIFICÁVEIS.....	31
TABELA 6 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	63
TABELA 7 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	65
TABELA 8 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	66
TABELA 9 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	67
TABELA 10 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	68
TABELA 11 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	69
TABELA 12 - ELEMENTOS PARA A ANÁLISE METODOLÓGICA.....	70

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	12
2 – OBJETIVOS.....	14
2.1 – Objetivo Geral.....	14
2.2 – Objetivo Específico.....	14
3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1 – Atomismo Grego e Aristóteles.....	15
3.2 – Alquimia.....	18
3.3 – Empirismo.....	22
3.4 – Robert Boyle.....	25
3.5 – Antonie Laurent Lavoisier.....	28
3.6 – John Dalton.....	32
3.7 – Gay Lussac.....	36
3.8 – Amadeo Avogadro.....	38
3.9 – O Congresso de Karlsruhe.....	41
3.10 – Dmitri Mendeleiev.....	44
3.11 – Conceituação moderna de elemento químico.....	48
4 – METODOLOGIA.....	50
4.1 – Conceito de elemento do livro "Evolução e Universo".....	50
4.2 – Conceito de elemento do livro "Origens".....	52
4.3 – Conceito de elemento do livro "Materiais, Luz e som: Modelos e Propriedades".....	54
4.4 – Conceito de elemento do livro "O Conhecimento Científico".....	56
4.5 – Conceito de elemento do livro "Estrutura e Composição dos Corpos".....	58
4.6 – Conceito de elemento do livro "O Universo da Ciência e a Ciência do Universo".....	60
4.7 – Método de Análise dos Conceitos de Elemento para os Livros.....	62

4.8 – Análise do conceito de elemento do livro “Evolução e Universo”.....	64
4.9 – Análise do conceito de elemento do livro “Origens”.....	66
4.10 – Análise do conceito de elemento do livro “Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades”.....	67
4.11 – Análise do conceito de elemento do livro “O Conhecimento Científico”.....	68
4.12 – Análise do conceito de elemento do livro “Composição e Estrutura dos Corpos”.....	69
4.13 – Análise do conceito de elemento do livro “O Universo da Ciência e a Ciência do Universo”.....	70
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
6 – CONCLUSÃO.....	72
7 – REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

Para a melhoria do Ensino Médio precisamos procurar a busca de sentido que os conceitos disciplinares descontextualizados perderam aos logo dos quase quatrocentos anos da ciência clássica.

Refletindo como o modelo de ensino é vivenciado no ensino básico percebermos a falta de sentido, muitas vezes relacionada a negação da contextualização dos conceitos que são trabalhados. A contextualização histórica pode contribuir muito para resolver ou minimizar a perda de sentido, nesta direção o desenvolvimento histórico dos conceitos tem sido objeto de muitos pesquisadores/historiadores.

Segundo M. R. Matthews (1995). a escola, da forma como hoje a conhecemos, surgiu como uma instituição decisiva para o estabelecimento da sociedade moderna. Por isso, não poderemos deixar de citar as crises da sociedade na modernidade sem trazermos à tona, inevitavelmente, a questão da Educação. Essa conclusão nos leva a outra, a de que é forçosa a realização de uma reflexão comprometida e competente a respeito da formação dos que se dedicam ou se dedicarão à docência, particularmente no âmbito do Ensino Básico. Encontramos preocupação semelhante no relatório da UNESCO, organizado por Delors em 2005, em que é anunciada como meta para o século XXI a criação de uma sociedade na qual a educação seja de fato tratada como um direito universal, permitindo que todos os seres humanos ascendam ao tipo de conhecimento capaz de ampliar e enriquecer a interpretação de mundo dos sujeitos, colocando-os, sem distinção, como beneficiários de todas as conquistas científicas e tecnológicas realizadas pela humanidade.

Rever o Ensino Básico incluindo em seus currículos o ponto de vista histórico pode contribuir para minimizar o “mar de falta de significado” que, segundo Matthews (1995) permite:

“humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; pode contribuir para o

entendimento do pensamento mais integral da matéria científica (...)
(MATTHEUS,1995, p.165).

Além dessas considerações, segundo Mattheus (1995) a contextualização histórica no ensino é igualmente importante porque motiva os estudantes na medida em que a ciência, como construção humana, promove uma melhor compreensão dos conceitos; desenvolve o seu aperfeiçoamento; compreende certos eventos históricos como as Revoluções Científicas se opondo a ideologia cientificista e promove uma compreensão de como a ciência se desenvolve.

Neste texto, que desenvolvemos, como Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) de Licenciatura em Química, temos como objetivo aprofundar o conceito de elemento, que teve sua origem inventada na Antiguidade que é profundamente carregado de história, embora o conceito de elemento dos antigos não corresponde ao conceito de elemento na contemporaneidade.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar como os livros didáticos do Ensino Médio do PNLD 2021 abordam a evolução histórica do conceito de elemento químico.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de elemento remonta à Idade Antiga, e tem a sua definição atual consolidada no século XX, com a descoberta da radioatividade.

3.1 O ATOMISMO GREGO E ARISTÓTELES

Figura 1 - Demócrito



Fonte: Wikipédia (2022)

A primeira tentativa de definir o átomo (sem partes ou indivisível) ou um modelo para tal, surge na Grécia Antiga, com dois filósofos pré-socráticos, Leucipo (470 – 380 a.C) e Demócrito (460 – 370 a.C) (figura 1). Obviamente influenciados pela observação dos fenômenos da natureza, através dos sentidos.

- toda matéria se subdivide em átomos eternos e indestrutíveis, que não tem causa;
- cada espécie de matéria é constituída por átomos qualitativamente iguais (há, pois, um número infinito de tipos de átomos);
- os átomos estão em contínuo movimento no vácuo;
- os diferentes tipos de átomo diferem em forma tamanho e massa (MAAR, 2008, p. 35).

Podemos observar, após mais de dois milênios, certas semelhanças com o modelo atômico de John Dalton (1766 - 1844), que viria a ser apresentado ao meio científico no início do século XIX. As ideias de indestrutibilidade e indivisibilidade já eram presentes mesmo naquele tempo, sendo essa última característica uma criação

permanente do pensamento científico grego e que permaneceu na ciência moderna (MAAR, 2008).

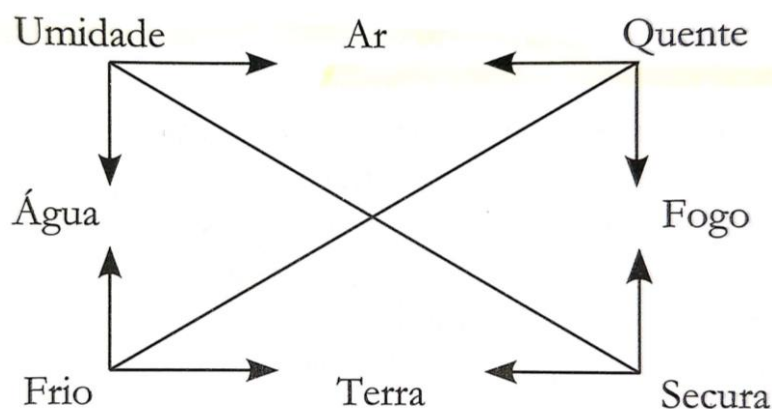
Porém, mesmo antecipando ideias futuras, o atomismo de Leucipo e Demócrito foi descartado pelas ideias de Aristóteles (384 – 322 a.C) (figura 4), um dos maiores filósofos da Ciência Antiga. Aristóteles aceita a ideia dos “Quatro Elementos”, proposta por outro filósofo antecessor, Empédocles de Agrigento (490 – 430 a.C) (figura 3), ideias essas que perduraram até ser questionada por Boyle e posteriormente Lavoisier, juntamente com outros pensamentos aristotélicos.

A aceitação da teoria dos quatro elementos por Aristóteles e a recusa do átomo traçaram uma linha de ação para a Química/Alquimia por muitos séculos, assim como a aceitação do pensamento aristotélico pela Igreja direcionou a evolução da Ciência até o Renascimento (MAAR, 2008, p.38).

Além disso, Aristóteles considerava certo “horror” a ideia de um vácuo existente na natureza, e para isso, adota uma solução alternativa para a resolver a ideia de ausência de matéria no universo. Com isso, Aristóteles propôs um quinto elemento, a “quintessência”, o éter, permeando a matéria. Até o século XIX os físicos consideravam o éter como necessário para a compreensão de muitos fenômenos. (MAAR, 2008, p. 30).

Os elementos da antiguidade possuíam características próprias, cada um com duas destas características: umidade, seca (seco), quente e frio (figura 2).

Figura 2 – “Qualidades” dos Quatro Elementos



Fonte: Juergen Maar (2008)

Aristóteles também afirma que é possível converter um elemento em outro alterando suas características. Segundo Maar (2008, p. 31), “é possível converter um elemento em outro elemento que possui qualidades opostas, é possível converter uma substância em outra, e nesse raciocínio reside a base teórica para a transmutação defendida pelos alquimistas”.

Figura 3 – Empédocles de Agrigento



Fonte: Wikipédia (2017)

Figura 4 - Aristóteles



Fonte: Juergen Maar (2008)

3.2 ALQUIMIA

Figura 5 - Representação alegórica das operações laboratoriais alquímicas.



Fonte: Neves, Farias (2011).

Não é possível, do ponto de vista histórico, abordar a Química tal qual a conhecemos hoje sem citarmos a sua “antecessora”, a Alquimia. Antes da Química possuir aspecto “moderno”, muito devido aos trabalhos de Lavoisier, a Alquimia influenciou a sua futura sucessora de diversas formas, admitindo-se três tipos de leitura a respeito da mesma:

- I) uma cética, que apresenta a alquimia como uma prática eivada de charlatanismo e destituída de qualquer significado científico, mas à qual se concede, não sem um certo desprezo, algumas contribuições acidentais;
- II) uma histórica, que faz uma releitura crítica de períodos mais distantes da história, em especial do medievo, contextualizando a alquimia e os alquimistas nesses períodos;
- III) uma que admite um certo realismo-fantástico, que não é sinônimo de fantasia, mas que tem muito de incrível ou ainda inexplicável. Nesta leitura não apenas se aceita como possível ter havido transmutações alquímicas, como também se colocam figuras

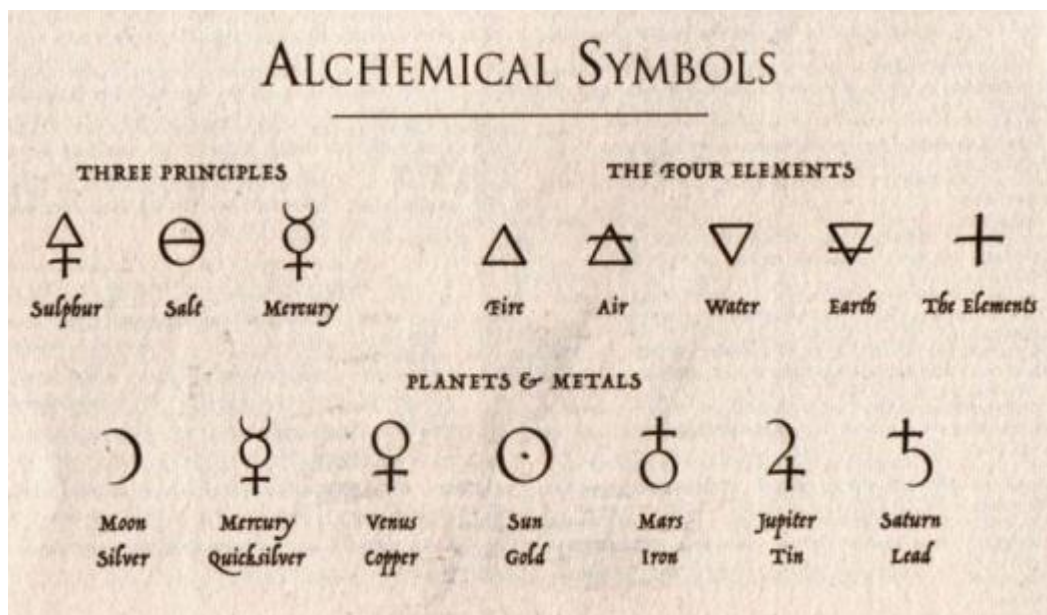
singulares como Newton na galeria dos que operaram esses feitos (CHASSOT, 1995, p. 21).

Porém, não há consenso sobre sua origem, devido ao fato de durante um certo a Alquimia e a Química serem utilizadas de formas simultânea sem uma clara distinção. Na medida em que a Química vai se desenvolvendo cria-se um pré-conceito a respeito da Alquimia, por geralmente ser associada a elementos místicos, mágicos e sobrenaturais, muito desses elementos estavam presentes na Idade Média e no Renascentismo.

Não procede a concepção reducionista da alquimia como práticas da Idade Média e do Renascimento que buscavam a transformação de metais menos nobres em ouro. Da mesma forma, não se pode simplificar dizendo que a transição da alquimia à química corresponde à ascensão da primeira em ciência. A alquimia, segundo algumas concepções, não pode ser considerada a origem da química, pois restringia-se mais a concepções filosóficas da vida. Na analogia da purificação dos metais, buscava-se uma maneira de viver, a purificação interior (CHASSOT, 1995, p. 21).

Tratando-se especificamente do conceito de Elemento, a Alquimia também manteve o paradigma aristotélico (Os Quatro Elementos), com as mesmas representações visuais usadas na Grécia Antiga (figura 6).

Figura 6 - Símbolos Alquímicos, com a representação dos Quatro Elementos.



Fonte: Netnature (2017)

A linguagem simbólica utilizada tinha grande importância na Alquimia. Certos elementos e instrumentos (atuais vidrarias) eram “codificados” por meio dessa linguagem (tabela 1), tornando-a de difícil compreensão e gerando um significado sobrenatural e ocultista a respeito da mesma.

Tabela 1 – Símbolos alquímicos e seu respectivos significados

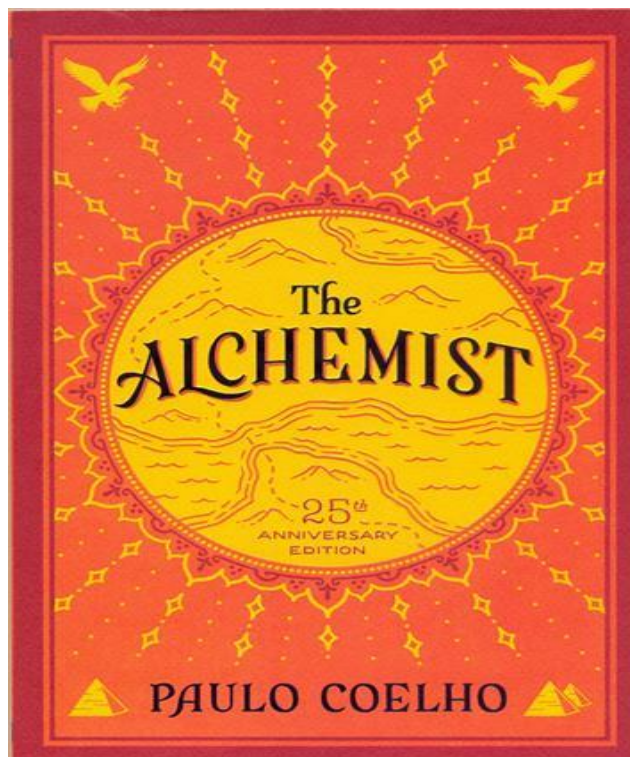
Símbolo	Significado
Cristo	Pedra filosofal
Criança revestida de púrpura ou coroada	Pedra filosofal
Homem e mulher (rei ou rainha)	Enxofre e mercúrio
Hermafrodita	Enxofre e mercúrio após conjugação
Lobo	Antimônio
Serpente mordendo a própria cauda (ouroboros ou oroboros)	Unidade da matéria
Salamandra	Fogo
Saturno	Chumbo
Netuno	Água
Castanheiro oco	Forno
Cão	Enxofre; ouro
Coroa	Metal transmutado em ouro
Espada ou foice	Fogo
Leão verde	Vitríolo verde
Sol	Ouro preparado para a obra
Serpente	Três serpentes: os três princípios; Serpente alada: princípio volátil; sem asas: princípio fixo; crucificada: fixação do volátil.

Fonte: Neves, Farias (2011, p. 29)

Ainda que não se trate de Ciência por carecer de método científico, a Alquimia possui seu lugar no imaginário popular, em filmes, músicas, séries e livros. Na literatura, um grande exemplo de influência da Alquimia, está contido no livro intitulado “O Alquimista” (figura 7), do escritor Paulo Coelho, que, ainda que apresente uma

visão reducionista (como a suposta purificação de metais com a Pedra Filosofal ou o Elixir da Longa Vida), a obra apresenta a linguagem simbólica, elemento este muito utilizado por alquimistas na Idade Antiga e Idade Média.

Figura 7 - Capa do livro "O Alquimista", de Paulo Coelho, em 1988.



Fonte: Livronautas (2017)

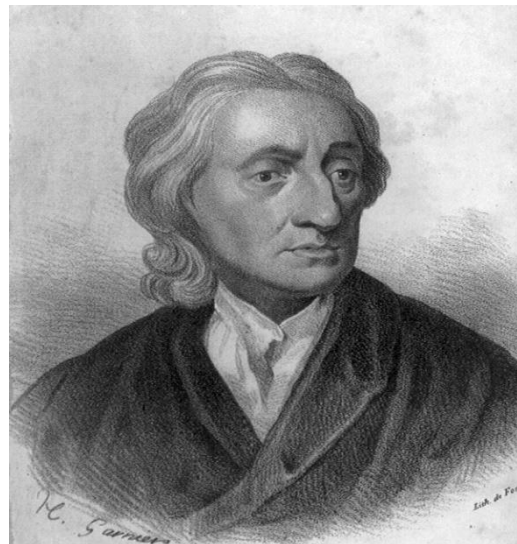
3.3 EMPIRISMO

Figura 8 - Francis Bacon



Fonte: Wikipédia (2011)

Figura 9 - John Locke



Fonte: Wikipédia (2011)

É importante, de um ponto de vista cronológico, abordar as contribuições do Empirismo tanto para os trabalhos realizados por Boyle quanto para os experimentos de Lavoisier realizados posteriormente, e que por fim culminaria na intensificação de uma certa divisão entre a Ciência Moderna, principalmente entre racionalistas e empiristas. O empirismo segundo o dicionário OXFORD LANGUAGES (2022), possui a seguinte definição:

Doutrina segundo a qual todo conhecimento provém unicamente da experiência, limitando-se ao que pode ser captado do mundo externo, pelos sentidos, ou do mundo subjetivo, pela introspecção, sendo geralmente descartadas as verdades reveladas e transcendentais do misticismo, ou apriorísticas e inatas do racionalismo.

Em oposição ao Empirismo, existe a corrente filosófica conhecida como Racionalismo, muito em evidência principalmente durante o período da Filosofia Moderna. Seu principal difusor é René Descartes (1596 – 1650). O Racionalismo não descarta a experiência como forma válida de conhecimento, apenas atribui a razão como principal ferramenta de obtenção do conhecimento.

Racionalismo, porque esta filosofia considera a teoria como um construto do pensamento, ao contrário do empirismo que assume a observação – em última instância os órgãos sensoriais – como sendo a única fonte de conhecimento. Crítico, porque a teoria, uma vez elaborada, deve ser continuamente testada por experimentos (MATSUMOTO, 2009).

Por influência do Empirismo, a Teoria Atômica (e conseqüentemente o conceito de Elemento) não foi imediatamente aceita, pois, como o Empirismo requer que teorias científicas sejam experimentalmente comprovadas para serem aceitas, a Teoria Atômica (ou corpuscular) carecia de experimentação que provasse a existência de tais partículas, e tratando-se especificamente da Teoria Atômica (admitindo o átomo como a menor parte da matéria e indivisível), tal teoria não possuía aceitação pelo fato de não existirem métodos de separação até o momento para isso.

Os maiores representantes do Empirismo são: Francis Bacon (1561 – 1626) (figura 8) e John Locke (1632 – 1704) (figura 9). Como dito anteriormente, a filosofia acerca do Empirismo baseava-se numa rigorosa experimentação, tornando certas teorias que já existiam e outras que surgiriam séculos depois como obsoletas, por não se enquadrarem em métodos experimentais que pudessem concluir a veracidade das mesmas.

Nesse sentido, veremos que: “Guiados pela filosofia de Francis Bacon, por ideias protestantes sobre a benevolência do mundo, por códigos de decoro e integridade de cavalheiros, por um interesse dominante na mecânica e uma convicção na estrutura mecânica do universo, os membros da Royal Society criaram uma nova prática

experimental que substituiu todos os modos anteriores de pesquisa empírica – das observações aristotélicas à experimentação alquímica” (WOLFE; GAL, 2010, p. 1; grifo nosso, *apud.* ZATERKA, 2018, p. 4).

Com isso, fica evidente a influência do Empirismo na transição da Alquimia para a Química Moderna, além disso, já há neste momento certa discordância sobre os Quatro Elementos de Empédocles e Aristóteles, devido à falta de experimentos que pudessem “separá-los” e convertê-los uns nos outros, relacionados as suas “qualidades”.

Boyle foi fortemente influenciado pelo “Empirismo Baconiano”, principalmente se tratando da relação entre Química e Medicina, tornando claro a autonomia da Química em relação à segunda, especificamente sobre fármacos e suas aplicações.

Podem muitos se deliciar e prosperamente prosseguir com seus fins, coletando uma variedade de experimentos e observações, desde que por meio disso observem o poder com que diversas operações químicas e outros meios para a manipulação da matéria têm alterado alguns corpos e variado seus efeitos uns sobre os outros. Podem, com ajuda da atenção e da indústria, ser capazes de fazer muitas coisas, algumas delas estranhas e a maioria muito úteis para a vida humana (CERTAIN PHYSIOLOGICAL ESSAYS, 1999, vol. 2, pp. 23-24, *apud.* ZAKERTA, 2018, p. 11).

Por fim, fica evidente a forte influência do Empirismo não somente nos trabalhos realizados por Boyle, mas também por alterar o paradigma científico até então inalterado dos séculos XVI e XVII, criando uma ciência mais rigorosa baseada na experimentação.

3.4 ROBERT BOYLE (1627 – 1691)

Figura 10 - Robert Boyle



Fonte: Wikipédia (2021)

Retomando os trabalhos de Robert Boyle (figura 10), o paradigma aristotélico de elemento só é questionado a partir do século XVII, pelo químico irlandês Robert Boyle, que aceita a teoria corpuscular. Em seu livro “o químico cético” desenvolve um conceito de elemento considerado por muitos historiadores como moderno (termo apresentado no seu livro “O Químico Cético de 1661). Para as transformações da natureza, a existência de corpúsculos seria fundamental para explicar as reações químicas como sendo combinações dessas partículas elementares (MAAR, 2008).

O seu trabalho “O Químico Cético” ainda contém sua definição de elemento, divergindo da concepção aristotélica vigente:

Elementos são certos corpos perfeitamente puros (não misturados), primitivos e simples, e não feitos de nenhum corpo, nem um do outro; são os ingredientes dos quais são feitos diretamente todos os corpos chamados de combinados, e nos quais esses corpos por fim decompõem-se-ão (MAAR, 2008, p. 367).

Além disso, ainda no mesmo trabalho, há o questionamento da visão aristotélica sobre o conceito de elemento, mais especificamente em relação ao fogo:

1 – O fogo é realmente o “analisador universal” de todas as substâncias? para os antigos, o fogo não separa uma liga de iguais como ouro e prata; combina, porém, álcali e areia, tão diferentes, formando o vidro.

2 – Os produtos obtidos pela atuação do fogo podem ser considerados elementos ou princípios? O fogo provoca o movimento da matéria, cujos resultados dependem da mistura. Segundo van Helmont (1577 – 1644), água pode ser convertida em outros elementos, o que ele pretendeu demonstrar na sua experiência do Salgueiro. Boyle reinterpreta esta experiência (é a terceira visão da experiência: Nicolau de Cusa → Helmont → Boyle). Segundo Boyle, o aquecimento da planta forma todos os “elementos”: o fogo na combustão, o ar na fumaça, a água no destilado condensado, a terra nos resíduos ou cinzas. Assim, a água (da qual provinha a planta, na visão de Helmont), seria transformada nos demais “elementos”, o que seria incompatível com a própria ideia de elemento.

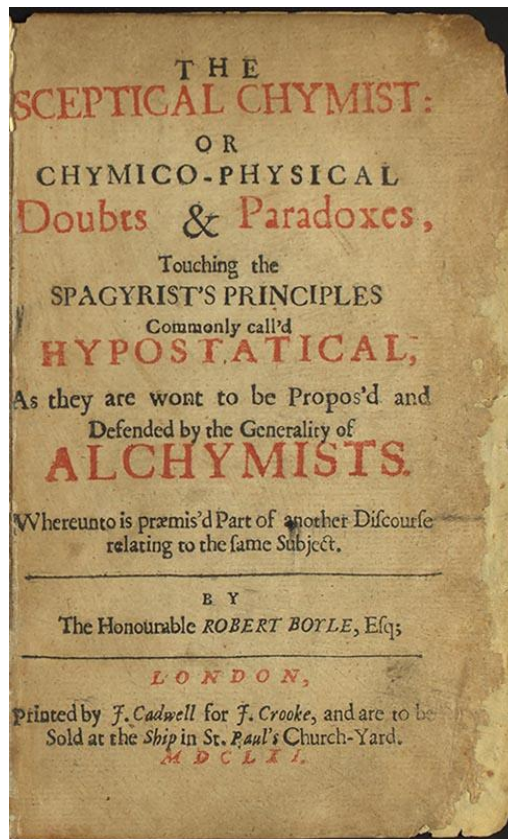
5 – Afinal, existem mesmo “elementos” ou “princípios”? Diante de todas estas incertezas referentes a número, características, métodos de separação, os elementos são mesmo necessários para explicar as propriedades das substâncias? Por exemplo: o peso seria função do elemento terra, mais exatamente da maior ou menor compactação das partículas. A cor, segundo Boyle, decorre do arranjo de partículas na superfície dos corpos, e não do maior ou menor conteúdo em mercúrio como queriam os antigos (MAAR, 2008, p. 365-366).

Com os questionamentos apresentados acima, e outros contidos no “Químico Cético” (figura 11), segundo Maar (2008, p.366) “Boyle destrói os modelos de Aristóteles, Paracelso, e Helmont com base não só em deduções lógicas, mas também em dados empíricos, como mostrados acima”.

Boyle também desenvolve uma Química autônoma, de caráter fortemente empirista e independente, já que no século XVII a Química ainda é tida como uma ciência quase secundária, muito atrelada à medicina principalmente.

Em seu empenho de livrar a química de todas as conotações animistas e alquimistas estabeleceu para ela uma metodologia tão rigidamente empírica que nem sequer chegou a ventilar a possibilidade de um papel para a matemática ou a lógica na Química (MAAR, 2008, p. 359).

Figura 11 - Frontispício de "The Sceptical Chymist" por Robert Boyle, de 1661.



Fonte: Wikipédia (2023)

Além de conter a definição de elemento, para Boyle, o “Químico Cético” também confirma a aceitação de Boyle em corpúsculos que formariam a matéria, além de evidenciar e reforçar, como já dito anteriormente um forte teor empirista.

3.5 ANTONIE LAURENT LAVOISIER (1743 – 1794)

Figura 12 - Antonie Laurent Lavoisier



Fonte: Manual da Química (2015)

No século XVIII, surge outro grande nome que revolucionaria a Química: Antonie Laurent Lavoisier (1743 – 1794) (figura 12). Lavoisier era um químico francês, que dentre muitas coisas, estudou as reações de combustão, causando assim a derrocada da teoria do flogisto, desenvolveu uma nova nomenclatura química, a teoria sobre o oxigênio, a teoria dos ácidos, além de diversos outros trabalhos que foram condensados no seu *“Traité Élémentaire de Chimie”* de 1789 (figura 13), revolucionando de fato a Química tornando-a uma ciência autônoma e moderna. (NEVES; FARIAS, 2011).

Ainda sobre o *“Traité Élémentaire de Chimie (Tratado Elementar de Química)”*, Seixas e Fernandes (2011, p. 54) consideram que “guardadas as devidas proporções, pode-se afirmar que o *Traité* tem, para a Química, o mesmo significado que o *Principia* de Newton tem para a Física” deixando evidente a imensa importância de Lavoisier e seu trabalho para a criação da Química Moderna.

Outra grande contribuição para a Química foi Lavoisier ter postulado o princípio da conservação da matéria (de massa) utilizando a balança de forma sistemática. No

seu livro *Traité*, Lavoisier afirma: “Porque nada se cria, nem nas operações da arte nem nas da natureza e pode-se estabelecer, em princípio, que em toda operação há uma quantidade igual de matéria antes e depois da operação (...)” (NEVES; FARIAS, 2011, p. 55).

Lavoisier publica seu conceito de elemento no *Traité*, sendo ainda influenciado pelo empirismo de Boyle, afirma:

“Se [...] associarmos ao nome de elementos ou de princípios dos corpos a ideia do último termo ao qual chega a análise, todas as substâncias que não podemos decompor por meio algum são para nós elementos: não que possamos assegurar que estes corpos, que nós consideramos como simples, não sejam eles mesmos compostos de dois ou mesmo de um maior número de princípios, mas como estes princípios jamais se separam, ou antes, como não temos nenhum meio de os separar, eles comportam-se para nós como os corpos simples, e não devemos supô-los compostos senão no momento em que a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova” (BENSAUD-VINCENT e STENGERS, 1992, *apud.* OKI, 2002, p. 23).

Considera, como elemento as substâncias que, na sua época, não poderiam ser decompostas. Assim, Lavoisier elenca e classifica 33 elementos com seus novos nomes criados por ele e seus colaboradores (tabela 2, 3, 4 e 5).

“Dos 33 elementos da tabela, 26 são elementos ainda na nossa concepção do termo, e 5 são óxidos de elementos atuais (cálcio, magnésio, bário, alumínio, silício), impossíveis de decompor com os recursos disponíveis da época (exigem redutores mais fortes do que hidrogênio ou carvão, então utilizados). Dois, o calórico e a luz, Lavoisier conservou involuntariamente das teorias do flogístico, o que mostra a força da teoria de Stahl” (MAAR, 2008, p.731).

Tabela 2 – Substâncias simples que pertencem aos três reinos e que podem ser consideradas como os elementos dos corpos

Nomes novos	Nomes antigos
Luz	Luz
Calórico	Calor Princípio ou elemento do calor Fogo. Fluido ígneo. Matéria do Fogo e Calor
	Ar desflogisticado

Oxigênio	{ Ar empírio Ar vital. Base do ar vital
Azoto	{ Ar ou gás flogisticado Ar mefítico
Hidrogênio	Ar inflamável

Fonte: Juergen Maar (2008, p.731)

Tabela 3 – Substâncias simples não metálicas oxidáveis e acidificáveis

Enxofre Fósforo Carvão	{ Os mesmos nomes
Radical muriático Radical fluórico Radical borácido	{ Os mesmos nomes

Fonte: Juergen Maar (2008, p.731)

Tabela 4 – Substâncias simples metálicas oxidáveis e acidificáveis

Antimônio	Régulo de antimônio
Arsênio	Régulo de Arsênio
Bismuto	Régulo de Bismuto
Chumbo	Régulo de Chumbo
Cobalto	Régulo de Cobalto
Cobre	Régulo de Cobre
Estanho	Régulo de Estanho
Ferro	Régulo de Ferro
Manganês	Régulo de Manganês
Mercúrio	Régulo de Mercúrio
Molibdênio	Régulo de Molibdênio
Níquel	Régulo de Níquel
Ouro	Régulo de Ouro
Platina	Régulo de Platina
Prata	Régulo de Prata
Tungstênio	Régulo de Tungstênio

Zinco	Régulo de Zinco
-------	-----------------

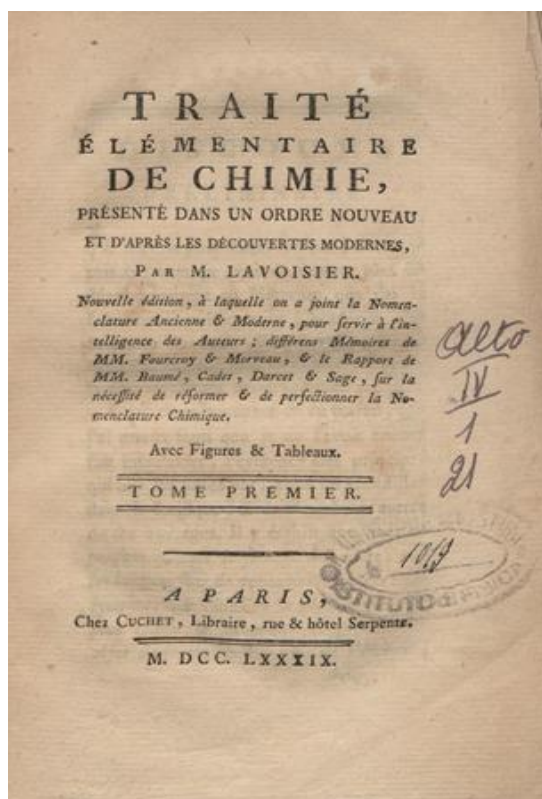
Fonte: Juergen Maar (2008, p.732)

Tabela 5 – Substâncias simples terrosas e salificáveis

Cal	Calcário
Magnésia	Magnésia, base do Sal de Epsom
Barita	Barita, terra pesada
Argila	Argila, terra ou alúmen
Sílex	Terra silicosa ou vitrificável

Fonte: Juergen Maar (2008, p.732)

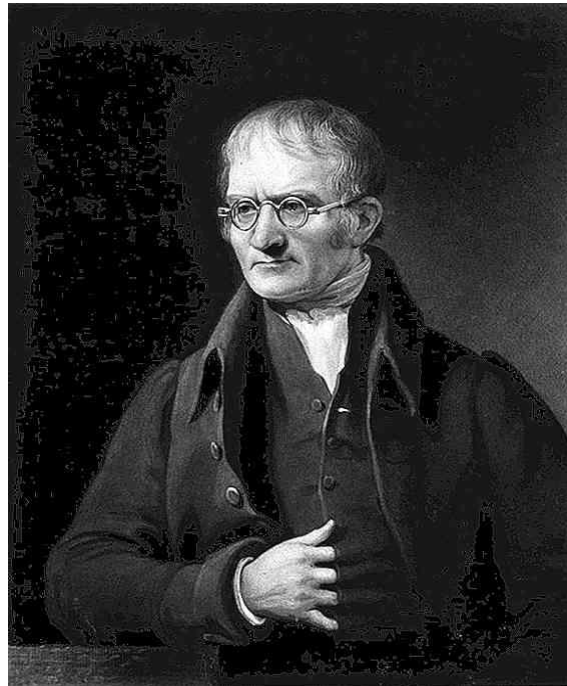
Figura 13 - Frontispício do "Traité Élémentaire de Chimie" por Antoine Laurent Lavoisier, de 1789.



Fonte: Wikipédia (2023)

3.6 JOHN DALTON (1766 – 1844)

Figura 14 - John Dalton



Fonte: Wikipédia (2015)

Com Boyle aceitando a existência de corpúsculos, e certa recusa por parte de Lavoisier em aceitar tal existência (pela inexistência de métodos que comprovassem empiricamente os átomos), ambos sendo empiristas e além disso, por serem grandes autoridades do século XVII e XVIII respectivamente, esta teoria passa a ganhar maior visibilidade e certa aceitação (ainda que não de imediato) entre o meio científico da época. Porém, o cientista que é o responsável por “trazê-la de volta a vida” é o inglês John Dalton (1766 – 1844) (figura 14).

Mais do que simplesmente “reeditar” as ideias atomistas dos filósofos gregos, Dalton fez novas proposições, as quais, quando aplicadas aos sistemas químicos, permitiam entender o que então se sabia sobre a estequiometria das reações químicas (lei das proporções definidas e das proporções múltiplas) (NEVES; FARIAS, 2011, p. 61).

O modelo atômico de Dalton possui semelhanças com o modelo atômico grego, de Leucipo e Demócrito, podemos observar tais semelhanças em seus próprios postulados:

Os elementos químicos são compostos por diminutas e indivisíveis partículas de matéria chamadas átomos, as quais

preservam sua individualidade (identidade) em todas as transformações químicas;

- Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, particularmente seu peso. Os átomos de diferentes elementos têm diferentes pesos. Cada elemento é caracterizado pelo peso do seu átomo;

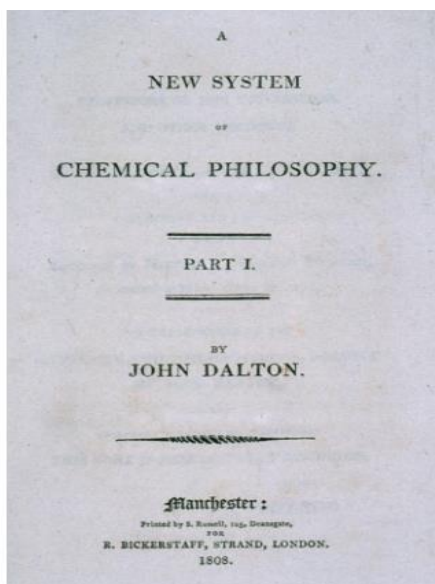
- A combinação química ocorre pela união dos átomos dos elementos em razões numéricas simples, por exemplo: 1 átomo de A + 1 átomo de B; 1 átomo de A + 2 átomos de B; 2 átomos de A + 1 átomo de B; 2 átomos de A + 3 átomos de B, etc. (NEVES; FARIAS, 2011, p. 61-62).

Mesmo com semelhanças entre os dois modelos, a principal diferença é que o modelo atômico grego possui um caráter fortemente filosófico, enquanto o modelo de Dalton se caracteriza por ser mais quantitativo, capaz de explicar os rearranjos que ocorrem entre os átomos, sendo essa a principal definição de reação química até os dias atuais.

O atomismo grego era de natureza apenas intelectual, especulativa, enquanto que o atomismo de Dalton nasceu já revestido de um aspecto quantitativo e prático, verdadeiro modelo científico, capaz de racionalizar diversas das informações conhecidas sobre as reações químicas. Dalton fez uma espécie de síntese entre o atomismo filosófico de Demócrito e Leucipo com o aspecto quantitativo das reações químicas, enfatizado por Lavoisier (FARIAS, 2004).

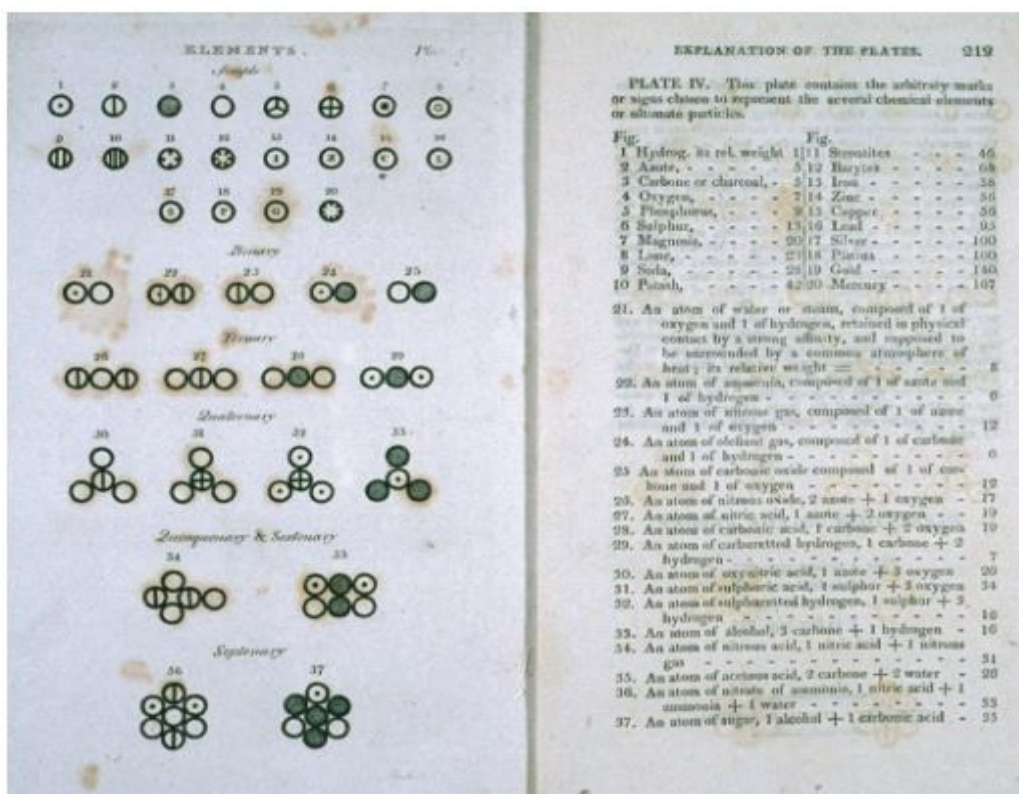
Dalton além de propor sua teoria atômica também representou os “átomos simples” (elementos) e “átomos compostos” em seu trabalho intitulado “*A New System of Chemical Philosophy*” de 1810 (figura 15). Para determinar os pesos atômicos foi preciso saber quantos átomos têm um dado composto, para isso, Dalton estabelece a regra de máxima simplicidade: quando dois átomos (elementos) formam um único composto, este é binário, quando forma dois compostos um é binário e o outro é ternário, a exemplo do CO e CO₂, e assim por diante. Também precisou das análises químicas dos átomos compostos (substâncias compostas) e determinou seus pesos atômicos (figuras 16 e 17).

Figura 15 - Frontispício de "A New System of Chemical Philosophy" por John Dalton, de 1810



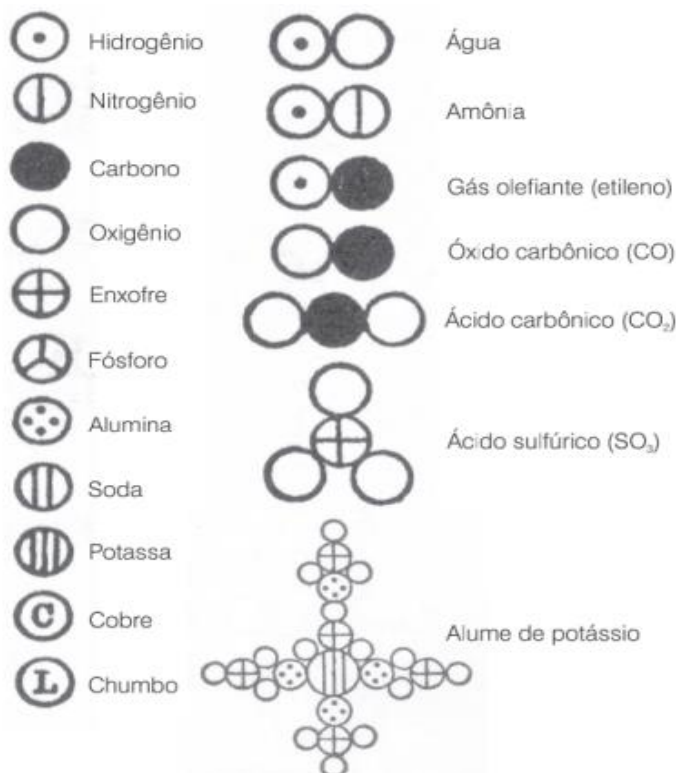
Fonte: Carlos Filgueiras (2004, p.40)

Figura 16 - Representação dos elementos e compostos postulados por Dalton em seu trabalho "A New System of Chemical Philosophy" em 1810.



Fonte: Carlos Filgueiras (2004, p.41)

Figura 17 - Versão elaborada dos símbolos criados por Dalton para os elementos e seus compostos.



Fonte: Carlos Filgueiras (2004, p. 42)

Por influência do Empirismo, a Teoria Atômica (e conseqüentemente o conceito de Elemento) não foi imediatamente aceita, pois, como o Empirismo requer que teorias científicas sejam experimentalmente comprovadas para serem aceitas, a Teoria Atômica (ou corpuscular) carecia de experimentação que provasse a existência de tais partículas, e tratando-se especificamente da Teoria Atômica (admitindo o átomo como a menor parte da matéria e indivisível), tal teoria não possuía aceitação pelo fato de não existirem métodos de identificação da presença dos átomos até o momento para isso.

3.7 GAY LUSSAC (1778 – 1850)

Figura 18 - Gay Lussac



Fonte: Wikipédia (2015)

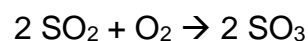
Joseph Louis Gay-Lussac (1778 – 1850) (figura 18) foi um físico e químico francês. Muito conhecido por seus trabalhos a respeito das proporções volumétricas, porém, teve grande importância e contribuições em diversas áreas da química, como: Química Orgânica, Química Analítica, Tecnologia Química e Química Teórica.

A teoria atômica de Dalton não é aceita na comunidade científica de imediato, muitos cientistas da época a rejeitam. Um destes cientistas é Gay-Lussac. Sua discordância com Dalton surge inicialmente do estudo das proporções volumétricas:

Dados volumétricos do próprio Gay-Lussac:

Gás sulfuroso (100 partes) + oxigênio (50 partes) → ácido sulfúrico (100 partes)

Ou, na simbologia química de hoje:



Já Para Dalton 100 partes de gás sulfuroso deveriam reagir com 100 partes de oxigênio para obter 100 partes de ácido sulfúrico.

“Parece evidente que gases sempre se combinam quando um reage com o outro em proporções mais simples” [...] “É importante observar

que considerando os pesos não há relações simples entre os elementos de qualquer composto” [...] “Gases, pelo contrário, quaisquer que sejam as proporções segundo as quais se combinam, dão origem sempre a compostos cujos elementos, em volume, são múltiplos um do outro” (GAY LUSSAC *apud.* MAAR, 2011, p. 218).

Porém, Gay-Lussac admite que a mesma lógica não se aplica a sólidos e líquidos, além de outras inconsistências:

Gay-Lussac deixa explícito que essas relações volumétricas não são observadas com sólidos e líquidos, nem existem relações simples entre pesos de reagentes. Somente os gases, desde que nas mesmas condições, obedecem as leis físicas regulares. Gay-Lussac não aceitou a Teoria Atômica de Dalton, da qual faz parte a lei das proporções múltiplas (em peso) nas combinações. Mas também Dalton recusou-se a aceitar as proporções volumétricas de Gay-Lussac, a “teoria francesa”, pois de acordo com sua própria teoria partículas de um gás não são “elásticas” (não repelem) as partículas de outro gás, mas só partículas de do mesmo gás. Átomos iguais não poderiam ligar-se um ao outro (o que seria necessário para admitir as proporções de que fala Gay-Lussac), pois eles repelir-se-iam, como cargas elétricas iguais (MAAR, 2011, p. 218).

3.8 AMADEO AVOGADRO (1776 – 1856)

Figura 19 - Amadeo Avogadro



Fonte: Wikipédia (2012)

Lorenzo Romano Amadeo Carlo Avogadro (1776 – 1856) (figura 19) foi um físico e químico italiano. Grande responsável por conciliar as teorias de Dalton e Gay-Lussac

Como Berzelius, então uma espécie de árbitro da Química, Avogadro tomou como válidas as novas leis das combinações volumétricas. Não só as aceitou, como sugeriu uma explicação extremamente lógica que conciliou as teorias de Dalton e Gay-Lussac, formulando o que chamamos hoje de hipótese de Avogadro: volumes iguais de quaisquer gases ou vapores contém, nas mesmas condições, igual número de partículas. Mas não só Dalton e Gay-Lussac, também o influente Berzelius, recusaram-se a aceitar a hipótese de Avogadro, dando origem a décadas de confusão e atrasando sensivelmente o desenvolvimento da Química como estrutura teórica (MAAR, 2011, p. 220).

Para analisar ambas as teorias (Gay-Lussac e Dalton), Avogadro admite certas hipóteses sobre as proporções e combinações dos gases, utilizando inclusive o conceito de “molécula”, conceito este não tão comum na época.

Devemos então admitir que também existem relações muito simples entre os volumes das substâncias e o número de **moléculas** simples ou compostas que se formam. Avogadro analisa as proposições mutuamente excludentes de Gay-Lussac e de Dalton. Explica as inconsistências existentes na própria teoria de Gay-Lussac: por exemplo, na formação de amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio tem-se na observação de Gay-Lussac: (MAAR, 2011, p. 222).

nitrogênio (1 volume) + hidrogênio (3 volumes) → amônia (2 volumes)
 (hoje: $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$)

Mas se um volume de nitrogênio contém n partículas, a combinação de n partículas de nitrogênio com $3n$ partículas de hidrogênio deveria dar origem a apenas n volumes de amônia:

nitrogênio (1 volume) + hidrogênio (3 volumes) → amônia (1 volumes)
 (hoje: $N + 3 H \rightarrow NH_3$)

Avogadro desenvolve então um longo trabalho pouco empírico e mais teórico para conciliar Dalton e Gay-Lussac. Não faz uso da noção de átomo, mas propõe a existência de vários tipos de moléculas, e pressupõe que as menores partículas dos gases podem ser subdivisíveis em "semimoléculas". As inconsistências na teoria de Gay-Lussac seriam, pois, explicadas imaginando semimoléculas = existem moléculas de gases "elementares" que contêm mais de um átomo. A **molécula integrante** é a molécula formada na combinação de gases, ou seja, a molécula de um composto químico (H_2O , NH_3 , ou HCl), e a **molécula constituinte** é a molécula de gases elementares, ou a molécula de um elemento que pode consistir de mais de uma partícula (oxigênio, hidrogênio, nitrogênio), e a **molécula elementar** é equivalente ao átomo dos elementos (gases monoatômicos) (136). Avogadro usa o termo "molécula" não com o sentido que nós lhe damos, mas de acordo com a terminologia de Macquer e Fourcroy, como uma espécie de "partícula mínima", podendo significar ora o nosso átomo, ora a nossa molécula (MAAR, 2011, p. 222-223).

Partindo da premissa da subdivisão das partículas em semimoléculas, Avogadro propõe uma nova "estequiometria" usando a lei das combinações volumétricas:

Para Dalton:

1 átomo de hidrogênio + 1 átomo de oxigênio → 1 composto de água

Já para Avogadro:

2 semimoléculas (2 átomos) de H + 1 semimolécula (1 átomo) de O → 2 moléculas integrantes de água (H_2O)

E conseqüentemente a lei das combinações volumétricas será:

2 volumes de hidrogênio (2 H_2) + 1 volume de oxigênio (O_2) \rightarrow 2 volumes de água ($2 \text{ H}_2\text{O}$)

Na reação (não estudada em seu trabalho por Gay-Lussac, embora ele houvesse descoberto a reação em 1809), Avogadro propõe que as "moléculas constituintes" de hidrogênio e de cloro são formadas, cada uma, por 2 "moléculas elementares" (MAAR, 2011, p. 224).

1v H_2 (molécula elementar) + 1v Cl_2 (molécula elementar) \rightarrow 2 HCl (molécula integrante)

Mesmo com a tentativa de unir as teorias, nem Dalton nem Gay-Lussac aceitam as hipóteses de Avogadro:

No caso do atomismo, acrescenta-se o preconceito para com as idéias alheias e a supervalorização de suas próprias idéias: Dalton e Gay-Lussac, teimando em não dar crédito às hipóteses de Avogadro, ostentam o preconceito cristalizado: o de Dalton contra Gay-Lussac, o de Gay-Lussac contra Dalton, e o de ambos contra Avogadro. A submissão incondicional à autoridade científica de Berzelius ilustra o caso de dominação científica central. Entendo, contudo, que Dalton, ao rejeitar Gay-Lussac, não o somente por preconceito, mas também por coerência (MAAR, 2011, p. 225).

Avogadro teve grande importância ao introduzir à Química o conceito de molécula, iniciando assim debates posteriores, sendo este conceito debatido mais tarde no Congresso de Karlsruhe.

3.9 O CONGRESSO DE KARLSRUHE (1860)

O Congresso de Karlsruhe foi um encontro internacional de químicos ocorrido na cidade de Karlsruhe, na Alemanha, no ano de 1860. O Congresso tinha certos objetivos, como a discussão de nomenclaturas, pesos atômicos, além de outras concepções de cunho conceitual.

O grande desenvolvimento que teve a Química nesses últimos anos e as divergências manifestadas nas opiniões teóricas tornaram oportuno e útil a realização de um congresso, tendo como objetivo a discussão de algumas questões importantes do ponto de vista dos progressos futuros da Ciência. [...] Tal assembleia não poderia tomar resoluções ou deliberações obrigatórias para todos, mas, através de uma discussão livre e aprofundada, ela poderia acabar com certos mal-entendidos e facilitar um entendimento comum a respeito de alguns dos seguintes pontos:

- Definição de noções químicas importantes, como as que são exprimidas pelas palavras: átomo, molécula, equivalente, atômico, básico.
- Exame da questão dos equivalentes e das fórmulas químicas.
- Estabelecimento de uma notação e de uma nomenclatura uniforme (NYE, 1984, p. 633-634 *apud.* OKI, 2007, p. 24-25).

Os químicos presentes no Congresso discutiam principalmente a diferença do conceito de átomo e molécula. Dalton, após apresentar as bases da sua teoria atômica relacionou o conceito de elemento ao átomo, porém, outras discussões paralelas ocorriam, como por exemplo, os conceitos de peso atômico ou equivalente químico. Dada as divergências discutidas no Congresso, a teoria atômica de Dalton enfrenta dificuldade para ser aceita no século XIX.

A teoria atômica de John Dalton (1766-1844) teve momentos de grande reconhecimento, entretanto, outras vezes foi muito questionada. A oposição à teoria atômica naquele período não estava relacionada apenas à interpretação dos fatos ou à ausência de evidências para a existência de átomos, mas envolvia múltiplos aspectos: ontológicos, metodológicos e epistemológicos que estavam subjacentes aos debates (OKI, 2007, p. 25).

Grande parte do ceticismo em relação à teoria atômica daltoniana era advindo da falta de comprovação da existência dos tais corpúsculos por meio de experimentos, legado do proveniente do empirismo, opondo-se naturalmente à uma

teoria de cunho racionalista, mesmo com químicos renomados aceitando a teoria de Dalton como explicação para certos fenômenos quantitativos.

Um dos químicos a aceitar inicialmente a teoria atômica de Dalton foi o francês Jean Baptiste André Dumas (1800 – 1884), mas após as dificuldades em utilizar tal teoria empiricamente, passa a desacreditar da mesma:

O que nos resta da excursão ambiciosa que nos permitimos na região dos átomos? Nada ou pelo menos nada de necessário. O que nos resta é a convicção de que a Química se perdeu aí, como sempre quando abandonando a experiência, quis caminhar sem guia através das trevas. Com a experiência à mão encontrareis os equivalentes de Wenzel, os equivalentes de Mitscherlich, mas procurareis em vão os átomos tal como a vossa imaginação os sonhou [...]. Se eu fosse o mestre, apagaria a palavra átomo da Ciência, persuadido que ele vai mais longe que a experiência; e na Química nunca devemos ir mais longe que a experiência (DUMAS *apud.* BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 176. *apud.* OKI, 2007, p. 25).

Dumas inicialmente aceita a teoria atômica, pois a usa em seus experimentos utilizando a densidade com gases para determinar seus pesos atômicos, porém para certos gases não consegue valores esperados, como: P, S, As, etc. Por entender que a teoria atômica bem como a regra da máxima simplicidade não poderia ser generalizada para todos os gases, passa a desacreditá-la. Atualmente, sabe-se que os valores esperados por Dumas não foram obtidos devido a certos gases apresentarem diferentes atomicidades quando combinados.

Em Karlsruhe, os químicos que acreditavam na teoria atômica não entraram diretamente em confronto com os mais céticos a respeito, ou seja, os equivalentistas. Mesmo com muitos participantes não acreditando na existência dos átomos consideravam que os mesmos eram necessários à Química, algo que fica claro com a declaração de August Kekulé (1829 – 1896):

Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na existência real de átomos, tomando a palavra no seu significado literal de partículas indivisíveis de matéria. Eu prefiro esperar que nós possamos algum dia encontrar, para o que nós agora chamamos átomos, uma explicação mecânico-matemática para o peso atômico, a atomicidade e numerosas outras propriedades dos chamados átomos. Como químico, porém, eu recomendo a suposição de átomos, não apenas como recomendável, mas como

absolutamente necessária à Química. Eu irei até mais longe, e declaro minha crença de que átomos químicos existem, de modo que o termo seja compreendido para denotar aquelas partículas da matéria que não possam ser submetidas a divisões posteriores em metamorfoses químicas. Deverá o progresso da Ciência levar a uma teoria da constituição de átomos químicos, importante tal como um conhecimento poderia ser para a filosofia geral da matéria, isto seria apenas uma pequena alteração na própria Química. O átomo químico permanecerá sempre a unidade química (KEKULÉ *apud*. MIERZECK, 1991, p. 129).

É importante salientar a participação de Stanislao Cannizzaro (1826 – 1910), químico italiano que esteve no congresso, e responsável por trazer de volta as ideias de Avogadro, sendo essas não muito relevantes para o meio científico na época de sua publicação.

A hipótese de Avogadro foi "ressuscitada" por Cannizzaro, em 1860. Cannizzaro provou que a fórmula molecular correta para um determinado composto poderia ser calculada a partir da densidade do vapor desse composto, uma vez conhecendo-se os elementos que o constituíam. Mostrou ainda que a hipótese de Avogadro era de grande valor na determinação dos "pesos atômicos" (massas molares) dos elementos, desde que estes não fossem voláteis, mas cujos compostos pudessem ser vaporizados (FARIAS, NEVES, 2011, p.66).

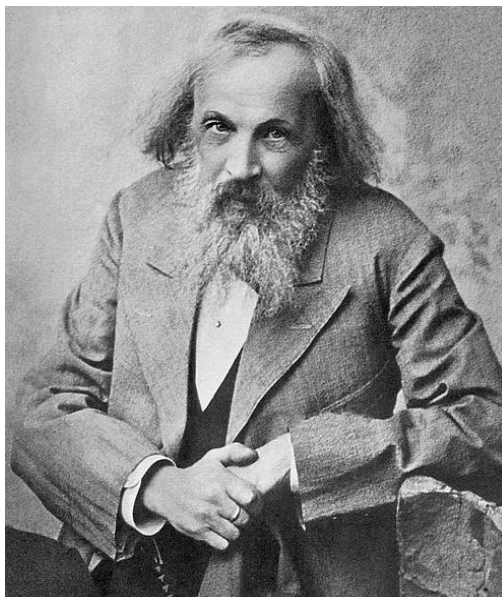
Além disso, outras contribuições foram possíveis graças ao Congresso, como os trabalhos realizados por Mendeleiev para a criação de uma tabela periódica mais moderna.

O próprio Dimitr Ivanovich Mendeleev (1834-1907) reconheceu que as definições de átomo e molécula, "votadas" no primeiro dia do Congresso, foram as principais mensagens do encontro que possibilitou a sua inovadora proposta de tabela periódica (BENSAUDE-VINCENT, 1997 *apud*. OKI, 2007, p. 27).

Como se pode observar, o Congresso de Karlsruhe teve grande importância por criar um ambiente de debate a respeito de temas de importância para a Química do século XIX, abrindo caminhos para novas possibilidades e discussões, principalmente a respeito do átomo, e conseqüentemente o elemento, para Dalton.

3.10 DMITRI MENDELEIEV (1834 – 1907)

Figura 20 - Dmitri Mendeleiev



Fonte: Wikipédia (2017)

O químico russo, Dmitri Mendeleiev (1834 – 1907) (figura 20) foi responsável por elaborar uma das sistematizações para os elementos químicos. Essa organização baseava-se nos pesos atômicos (legado do modelo de Dalton) e os elementos eram ordenados por propriedades físicas e químicas que se repetiam regularmente (periodicamente), características que viriam a influenciar a tabela periódica atual.

Ainda no século XIX, Mendeleiev aponta para a ambiguidade e similaridade dos termos “corpo simples” e “elemento”, fazendo a diferenciação no seu trabalho de 1871, chamado de “A lei periódica dos elementos químicos”, onde o mesmo afirma (OKI, 2002):

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 idéia 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 (BENSAUD-VINCENT e STENGERS, 1992, *apud.* OKI, 2002, p. 24).

Como podemos perceber, a distinção entre corpo simples e elemento feita por Mendeleiev caracterizou corpo simples como relacionado a algo macroscópico, como substâncias simples, rompendo com a ideia de elemento proposta por Boyle e Lavoisier, Mendeleiev coloca a ideia de corpo ou substâncias simples como um material ou metal. Já o conceito de elemento de Dalton se relaciona mais com o microscópico, especificamente com o átomo, partícula formadora das moléculas, e essas, formadoras dos corpos simples.

O conceito de elemento passou a ser vinculado ao conceito de átomo; essa relação está claramente explicitada por Mendeleiev nesse trecho de sua autoria e o peso atômico passou a se impor como critério de classificação (OKI, 2002).

Mendeleiev publica 3 versões de Tabelas Periódicas, a primeira “versão original”, uma versão vertical e outra versão horizontal (figuras 21, 22 e 23).

Mendeleiev inicialmente publicou sua tabela na Rússia, em 1869, Figura 13, mas no mesmo ano voltou a publicá-la, desta vez em alemão, visando atingir uma audiência maior. Ela contém 63 elementos, o dobro dos elementos conhecidos por Lavoisier 80 anos antes (GERALDO, LUIZ, CARLOS, 2019, p. 1131).

Figura 21 - A Tabela Periódica de Mendeleiev publicada em 1869.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ,
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti=50	Zr=90	?=180.	
		V=51	Nb=94	Ta=182.	
		Cr=52	Mo=96	W=186.	
		Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4	
		Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.	
		Ni=Co=59	Pd=106,6	Os=199.	
H=1		Cu=63,4	Ag=108	Hg=200.	
	Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112	
	B=11	Al=27,4	?=68	Cr=116	Au=197?
	C=12	Si=28	?=70	Su=118	
	N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?
	O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?	
	F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127	
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207.
		?=45	Ce=92		
		?Er=56	La=94		
		?Yl=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

Fonte: Geraldo de Lima, Luiz Barbosa, Carlos Filgueiras (2019, p.1132)

Figura 22 - Tabela de Mendeleiev na forma vertical, de 1872.

Typische Elemente		Tabelle I.									
H = 1	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—	—	—	—	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—	—	—	—	—
	B = 11	Al = 27,3	—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—	—	—	—	—
	C = 12	Si = 28	Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231	—	—	—	—
	N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—	—	—	—	—
	O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240	—	—	—	—
	F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	—	—	—	—	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—	—	—	—	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—	—	—	—	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—	—	—	—	—
			Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—	—	—	—	—
			Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—	—	—	—	—
			—	In = 113	—	Tl = 204	—	—	—	—	—
			—	Sn = 118	—	Pb = 207	—	—	—	—	—
			As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—	—	—	—	—
			Se = 78	Te = 125?	—	—	—	—	—	—	—
			Br = 80	J = 127	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Geraldo de Lima, Luiz Barbosa, Carlos Filgueiras (2019, p.1133)

Figura 23 - Tabela de Mendeleiev na forma horizontal, de 1872.

Reihe	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ⁰	Gruppe IV. RH ⁴ R ⁰	Gruppe V. RH ⁵ R ⁰	Gruppe VI. RH ⁶ R ⁰	Gruppe VII. RH R ⁰	Gruppe VIII. — R ⁰
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—

Fonte: Geraldo de Lima, Luiz Barbosa, Carlos Filgueiras (2019, p.1133)

Para a publicação dessas tabelas, Mendeleiev elabora uma lógica própria, intitulada de “Lei Periódica dos Elementos”, utilizada para explicar os fenômenos e as reações químicas.

Foi em março de 1889 que me arrisquei a apresentar, à então, ainda recente, Sociedade Russa de Química, as ideias sobre esse assunto, já expressas por mim nos "*Princípios de Química*", escritos de pouco. Sem entrar em detalhes, formulei as conclusões a que cheguei, nas próprias palavras então empregadas:

1. Os elementos, se dispostos de acordo com os pesos atômicos, revelam evidente periodicidade de propriedades;
2. Elementos semelhantes quanto às propriedades químicas têm pesos atômicos de valor igual ou aproximadamente igual (por exemplo: platina, índio, ósmio) ou que aumentam regularmente (por exemplo: potássio, rubídio, célio);
3. A disposição dos elementos ou grupos de elementos na ordem dos respectivos pesos atômicos corresponde às propriedades químicas características – conforme revelam, entre outras séries, a do lítio, berílio, bário, carbono, nitrogênio, oxigênio e ferro;
4. Os elementos mais largamente espalhados têm peso atômico pequeno;
5. A magnitude do peso atômico determina o caráter do elemento, da mesma forma que a magnitude da molécula determina o caráter de um corpo composto;
6. Devemos esperar a descoberta de muitos elementos ainda desconhecidos, por exemplo, elementos análogos ao alumínio e ao silício, cujo peso atômico ficaria compreendido entre 65 e 75;
7. Pode-se corrigir, por vezes, o peso atômico de um elemento pelo conhecimento dos elementos contíguos...;
8. Certas propriedades características dos elementos podem prever-se pelos pesos atômicos respectivos (NEVES; FARIAS, 2011, p.68-69).

Também é importante salientar a contribuição de outros cientistas que propuseram outras formas de organização dos elementos na época, como Johann W. Döbereiner (1780-1849), que separou os elementos em tríades, baseando-se em suas massas. Alexandre-Emile B. de Chancourtois (1820-1886), organizou 16 elementos verticalmente por ordem de aumento da massa atômica, modelo que ficou conhecido como Parafuso Telúrico. John Newlands (1837-1898), organizou os elementos também por ordem crescente da massa atômica, percebendo que a cada oito elementos as propriedades se repetiam, este modelo ficou conhecido como lei das oitavas de Newlands. Julius Lothar Meyer (1830-1895), seu trabalho se baseou nas propriedades químicas, observando que em elementos consecutivos a diferença entre as massas era constante, com isso, estabeleceu uma periodicidade entre os elementos, trabalho este que influenciou diretamente os trabalhos de Mendeleiev.

3.11 CONCEITUAÇÃO MODERNA DE ELEMENTO QUÍMICO (Século XX – Atualmente)

O século XX foi crucial para desenvolver o conceito moderno de elemento, pois foi nesse período que houve diversos avanços no campo da mecânica quântica, algo que influenciou a compreensão do átomo em si, apresentando um mundo subatômico desconhecido, cujas leis que usamos para o mundo macroscópico não se aplicam, o que conseqüentemente gerou uma nova conceituação para o elemento químico (OKI, 2002).

A identificação de um elemento químico passou a ser feita pelo seu número atômico e a sua caracterização considera a configuração eletrônica e os elétrons responsáveis pelas interações químicas que chamamos de elétrons de valência. Os conceitos de isótopo e de nuclídeo tornaram-se fundamentais para a elaboração de um novo conceito de elemento químico. A identidade do elemento químico foi modificada, já que esse passou a reagrupar um certo número de isótopos distintos (OKI, 2002, p. 25).

Pode-se perceber então a importância do número atômico, cuja origem remonta ao final do século XIX e início do século XX. O principal responsável pelo número atômico é o físico Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887 – 1915). Discípulo de Ernest Rutherford (1871 – 1937), Moseley desenvolve um estudo teórico e empírico utilizando a espectroscopia de raios X, atribuindo que as características de um elemento eram dadas pelo seu número atômico, e não pelo seu peso atômico, como se pensava anteriormente. Além disso, cabe salientar que tais estudos realizados por Moseley só foram possíveis devido a maior compreensão de partículas subatômicas, como o elétron, o próton e os quarks (MAAR, 2011).

Com essas novas descobertas, o elemento químico, que, segundo Mendeleiev remeteria à ideia de átomo, perde seu protagonismo, pois este possui composições ainda menores, como os elétrons, prótons, quarks e diversas outras partículas subatômicas (OKI, 2002).

O conceito de elemento teve diversas influências, desde o conceito grego até os mais modernos, foi um objeto de debate intrinsecamente ligado a cientistas e suas contribuições para a ciência, bem como suas concepções e paradigmas do seu

tempo, que puderam viabilizar discussões e melhorias em conceitos propostos anteriormente.

A evolução do conceito de elemento químico nos fornece um bom exemplo da natureza multidisciplinar da Química onde se contrapõe a atividade manual com a intelectual, o microscópico com o macroscópico, o pragmatismo empírico com a especulação teórica (CHAGAS, 1989, *apud.* OKI, 2002, p. 25).

Portanto, atualmente, o conceito de elemento mais atual é baseado no Número Atômico (Z), ou seja, a quantidade de prótons localizados em seu núcleo.

Todos os átomos de um mesmo elemento químico possuem no núcleo o mesmo número de prótons, que é chamado de número atômico e representado pela letra Z . O hidrogênio, o elemento mais simples que se conhece, possui $Z = 1$, ou seja, seu número atômico é igual a 1 ou pode-se dizer que o átomo de hidrogênio possui um único próton no seu núcleo (FEITOSA; BARBOSA; FORTE, 2016, p.27).

Logo, podemos definir que elemento químico é o conjunto de todos os átomos que possuem o mesmo número atômico (Z).

4 METODOLOGIA

Para desenvolver este trabalho, foi feita uma pesquisa bibliografia consistindo da leitura de textos, analisando o conceito de elemento químico em seis diferentes livros do Ensino Médio. Os livros escolhidos foram os contemplados pelo PNLD de 2021 (Programa Nacional do Livro Didático) do Novo Ensino Médio.

4.1 CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “EVOLUÇÃO E UNIVERSO”

O primeiro livro escolhido tem como título “Evolução e Universo” dos autores Sergio Rosso e Sônia Lopes, da coleção “Ciências da Natureza – Lopes e Rosso”, sendo este o volume 1 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 24 – Capa do vol. 1 “Evolução e Universo” da coleção “Ciências da Natureza – Lopes e Rosso”



Fonte: Sônia Lopes, Sérgio Rosso (2020)

O conceito de elemento neste livro é apresentado na Unidade 1, “Explorando o Universo e a Vida”, no tema 2, “A formação dos átomos”, localizado na página 22 e 23.

Figura 25 - Conceito de Elemento Químico do livro
“Evolução e Universo”

Mas o que diferencia um tipo de átomo do outro, se todos são formados pelos mesmos tipos de partícula? A resposta para essa pergunta reside no conceito de **elemento químico**, que mudou ao longo do tempo.

As primeiras concepções sobre átomos e elementos eram fruto de reflexões filosóficas e foram introduzidas pelos atomistas gregos na Antiguidade. Demócrito, no século 5 a.C., já propunha que a matéria fosse feita de pequenas partes indivisíveis (os átomos), que, combinadas de forma adequada, produziram as propriedades macroscópicas observadas. O químico francês Antoine Laurent-Lavoisier (1743-1794) compreendia os elementos químicos como as últimas substâncias que se poderia obter por análises químicas – o que em termos atuais seriam as substâncias simples. O químico inglês John Dalton (1766-1844) associou a ideia de elementos químicos a átomos; ele enfatizava que as propriedades que caracterizavam os elementos químicos eram resultado das massas dos átomos, e foi o primeiro a propor um método para determinar as massas atômicas relativas dos elementos químicos.

Todo conhecimento alcançado se deve às complexas pesquisas realizadas e ao trabalho colaborativo entre cientistas, assim como à existência de controvérsias. Note, portanto, a complexidade da construção da Ciência, já que ao longo dos séculos a visão acerca da Natureza e a perspectiva da Ciência se modificam.

Atualmente, chamamos de elementos químicos os conjuntos de diferentes tipos de átomos caracterizados por seus números de prótons, e não mais por suas massas. Essa quantidade é referenciada como número atômico, simbolizado por Z . Assim, todo átomo com sete prótons no núcleo ($Z = 7$), por exemplo, pertence ao elemento químico nitrogênio (N) e pode ser representado por ${}^7\text{N}$.

Fonte: Sônia Lopes, Sérgio Rosso (2020, p.22)

O conceito de elemento químico presente neste livro está correto, pois generaliza que todos os átomos que possuem o mesmo número atômico são do mesmo elemento, usando como exemplo o elemento nitrogênio (N).

4.2 CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “ORIGENS”

O segundo livro escolhido para a análise do conceito de elemento tem como título “Origens” dos autores Leandro Godoy, Rosana Maria Dell’ Agnolo e Wolney C. Melo, da coleção “Multiversos Ciências da Natureza”, sendo este o volume 4 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 26 - Capa do vol. 4 "Origens", da coleção “Multiversos Ciências da Natureza”



Fonte: Leandro Godoy, Rosana Agnolo, Wolney Melo (2020)

O conceito de elemento neste livro é apresentado na Unidade 1 “Origem, formação e observação do Universo” no tema 1 “Ciclo estelar e formação dos elementos químicos”, localizado na página 21.

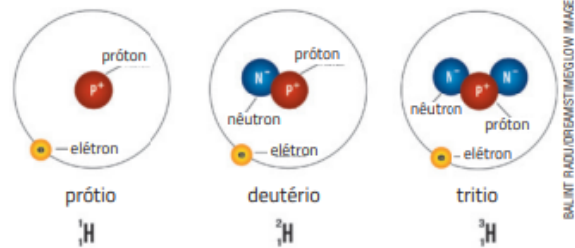
Figura 27 - Conceito de Elemento Químico do livro “Origens”

Elementos químicos

Os átomos são formados por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons e nêutrons se encontram no núcleo do átomo, enquanto os elétrons orbitam em regiões ao redor deste núcleo. Um elemento químico é o conjunto de átomos de mesmo número atômico. O número atômico é a quantidade de prótons que um átomo possui em seu núcleo.

Quando um elemento químico possui diferentes quantidades de nêutrons em seu núcleo torna-se mais pesado. Estes elementos são chamados de **isótopos**.

» Representação dos três isótopos de hidrogênio



» Isótopos de hidrogênio (imagem sem escala; cores-fantasia).

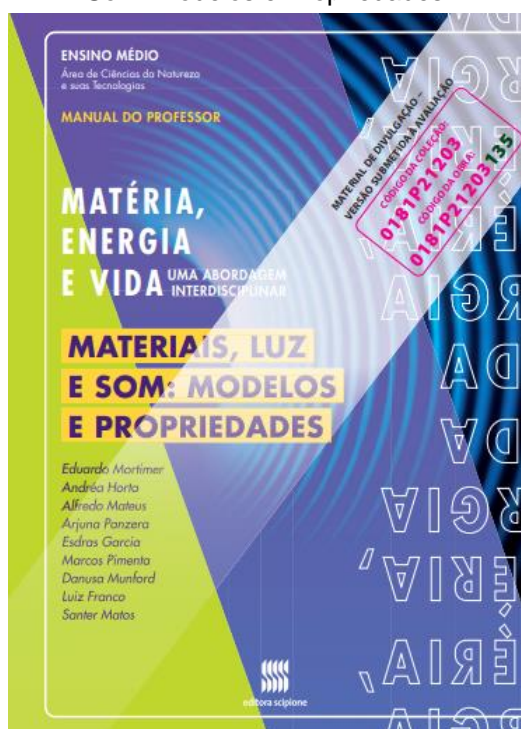
Fonte: Leandro Godoy, Rosana Agnolo, Wolney Melo (2020, p.21)

O conceito de elemento químico neste livro está incorreto, porque não existe a generalização de átomos com um mesmo número atômico, caracterizando assim, um elemento.

4.3 CONCEITUAÇÃO DE ELEMENTO DO LIVRO “MATERIAIS, LUZ E SOM: MODELOS E PROPRIEDADES”

O terceiro livro escolhido para a análise do conceito de elemento tem como título “Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades” (figura 28), da coleção “Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar” sendo este o volume 3 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 28 – Capa do vol. 3 “Matéria, Luz e Som: Modelos e Propriedades”



Fonte: Eduardo Mortimer, et al. (2020)

O conceito de elemento químico presente neste livro está no capítulo 8 “radioatividade e partículas elementares”, localizado na página 134 (figura 31).

Figura 29 - Conceito de Elemento Químico do livro “Matéria, Luz e Som: Modelos e Propriedades”

8.2 Isótopos de um elemento químico

Como vimos anteriormente, um átomo apresenta um núcleo e uma nuvem de elétrons que o circunda. O núcleo contém partículas elétricas positivas, chamadas **prótons**, e partículas eletricamente neutras, chamadas **nêutrons** (apenas o átomo de hidrogênio não tem nêutron).

Prótons e nêutrons apresentam massas quase idênticas, sendo a massa do nêutron ligeiramente superior à do próton. Os prótons e nêutrons podem ser designados conjuntamente como **núcleons**.

O número de massa A de um átomo corresponde ao número de núcleons do núcleo, ou seja, ao número total de prótons e nêutrons. O número de prótons do núcleo é o número atômico Z , que designa

cada elemento químico. O número de nêutrons de um núcleo é:

$$N = A - Z$$

A notação usual para designar um elemento X , de número atômico Z e número de massa A , é A_ZX . Por exemplo, a notação do carbono 14 é: ${}^{14}_6C$.

É possível encontrar um elemento químico que apresente diferentes números de nêutrons, como o caso do cloro: ${}^{35}_{17}Cl$ e o ${}^{37}_{17}Cl$. Nessa situação, eles são chamados **isótopos**. Os diferentes isótopos de cada átomo ocorrem na natureza em diferentes porcentagens.

Fonte: Eduardo Mortimer, et al. (2020, p.134)

Este livro também apresenta o conceito incorreto de elemento químico, pois mesmo afirmando que o número atômico designa um elemento químico, não há a generalização deste número atômico para todos os átomos de um elemento.

4.4 CONCEITUAÇÃO DE ELEMENTO DO LIVRO “O CONHECIMENTO CIENTÍFICO”

O quarto livro escolhido para a análise do conceito de elemento tem como título “O Conhecimento Científico” (figura 30), da coleção “Moderna Plus” sendo este o volume 1 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 30 - Capa do livro "O Conhecimento Científico"



Fonte: José Amabis, et al. (2020)

O conceito de elemento neste livro é apresentado no capítulo “Modelos Atômicos e Tabela Periódica”, localizado na página 51 e 52 (figura 31).

Figura 31 - Conceito de Elemento Químico do livro “O Conhecimento Científico”

2. Elemento químico e número atômico

O núcleo atômico dificilmente tem a estrutura alterada por fatores externos. Acontecimentos com mudanças do núcleo, chamados fenômenos nucleares, são estudados pela Física e pela Química Nuclear e ocorrem, por exemplo, em estrelas e em usinas nucleares. Em **reações químicas**, o **núcleo** dos átomos **permanece inalterado**. Quando um átomo se une a outro, essa união acontece por meio de modificações na eletrosfera.

O **número de prótons** no núcleo é denominado **número atômico** e representado por **Z**. Nas primeiras décadas do século XX, a partir de trabalhos teóricos do físico holandês Antonius van den Broek (1870-1926) e experimentais do físico britânico Henry Moseley (1887-1915), consolidou-se a ideia de que o número de cargas positivas no núcleo, o número atômico, **determina de qual elemento químico é um átomo**.

Todos os átomos de $Z = 1$ são do elemento hidrogênio, os de $Z = 2$ são de hélio, e assim por diante. Você pode **consultar** números atômicos dos elementos em uma **tabela periódica**, como a que aparece a seguir, neste capítulo.

Fonte: José Amabis, et al. (2020, p. 51-52)

O conceito de elemento químico presente neste livro está correto, pois os autores generalizam que todos os átomos que possuem o mesmo número atômico são de um mesmo elemento, utilizando átomos de hidrogênio e hélio como exemplo.

4.5 CONCEITUAÇÃO DE ELEMENTO DO LIVRO “ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DOS CORPOS”

O quinto livro escolhido para a análise do conceito de elemento tem como título “Estrutura e Composição dos Corpos” (figura 32), da coleção “Ser Protagonista” sendo este o volume 3 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 42 - Capa do livro "O Conhecimento Científico"



Fonte: Ana Fukui, et al. (2020)

O conceito de elemento neste livro é apresentado no capítulo 2 “Modelos Atômicos e Características dos Átomos”, localizado na página 31 (figura 33).

Figura 33 - Conceito de Elemento Químico do livro “Estrutura e Composição dos Corpos”

Em 1913, o físico britânico Henry Moseley (1887-1915), assistente de Rutherford, desenvolveu um método experimental que possibilitou determinar a carga nuclear dos átomos. (A carga nuclear está diretamente relacionada com a quantidade de prótons do núcleo do átomo, pois cada próton apresenta carga relativa +1. Veja quadro da página anterior.) O experimento consistia na análise da interação dos raios X com os átomos da amostra.

Moseley percebeu que os átomos de um mesmo elemento apresentavam sempre a mesma carga nuclear. Sendo assim, átomos de elementos distintos teriam, necessariamente, cargas nucleares diferentes. Por isso, cada elemento químico é caracterizado em função da quantidade de prótons que contém.

O número de prótons de um átomo é chamado **número atômico** e é representado pela letra **Z**.

É o número atômico, portanto, que identifica um elemento químico: átomos de mesmo número atômico são de um mesmo elemento químico.

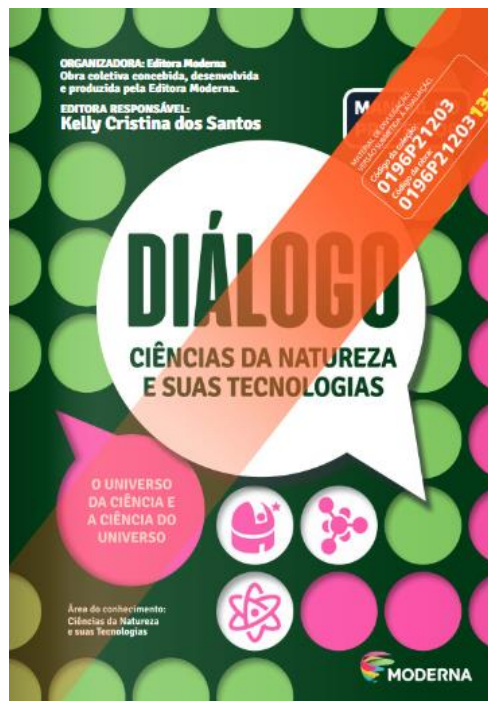
Fonte: Ana Fukui, et al. (2020)

O conceito apresentado neste livro também se apresenta incorreto, uma vez que não há a generalização para todos os átomos de um mesmo elemento possuírem o mesmo número atômico, ainda que o livro informe que o número atômico é responsável por identificar um elemento.

4.6 CONCEITUAÇÃO DE ELEMENTO DO LIVRO “O UNIVERSO DA CIÊNCIA E A CIÊNCIA DO UNIVERSO”

O sexto livro escolhido para a análise do conceito de elemento tem como título “O Universo da Ciência e a Ciência do Universo” (figura 34), da coleção “Diálogo” sendo este o volume 1 da coleção, que contém 6 livros.

Figura 54 - Capa do livro "O Universo da Ciência e a Ciência do Universo"



Fonte: Kelly dos Santos, et al. (2020)

O conceito de elemento neste livro é apresentado no capítulo 3 “Organização dos Elementos Químicos”, localizado na página 61 (figura 35).

Figura 35 - Conceito de Elemento Químico do livro “Estrutura e Composição dos Corpos”

Número atômico

Representado por (Z) , o número atômico indica o número de prótons (p) existentes no núcleo do átomo do elemento químico. Os átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons em seu núcleo.

Símbolo e nome do elemento químico

Cada elemento químico é representado por uma ou duas letras, sendo a primeira sempre maiúscula e a segunda, minúscula. Atualmente, existem 118 elementos químicos reconhecidos oficialmente, dos quais 94 ocorrem naturalmente na Terra e 24 são sintéticos, ou seja, produzidos em laboratório.

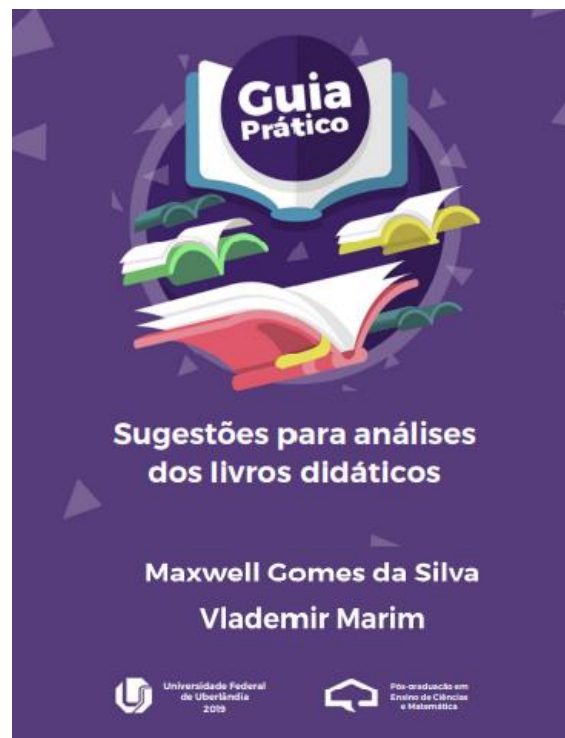
Fonte: Kelly dos Santos, et al. (2020)

O conceito de elemento químico deste livro também está incorreto. Semelhante a livros anteriores, o conceito não traz a generalização do número atômico para todos os átomos de um mesmo elemento químico.

4.7 MÉTODO DE ANÁLISE DOS CONCEITOS DE ELEMENTO PARA OS LIVROS

Para analisar os conceitos presentes nos livros, foi utilizado o “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) de Maxwell Gomes da Silva e Vlademir Marim (figura 32). Segundo a obra, para avaliar um livro ou um conceito específico, alguns fatores devem ser observados, de modo a preferir trabalhá-lo em comparação com um possível outro livro.

Figura 36 - Sugestões para análises dos livros didáticos



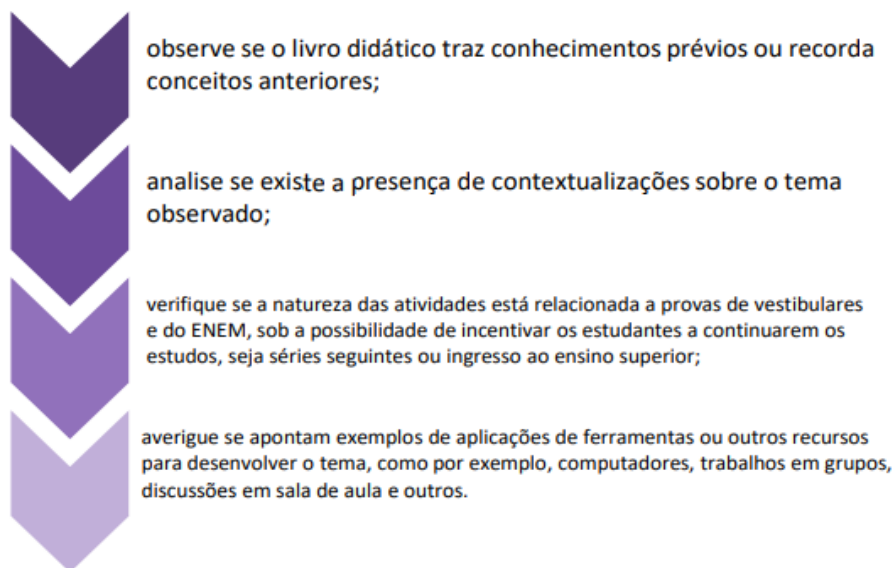
Fonte: Maxwell da Silva, Vlademir Marim (2019)

Para Da Silva e Marim (2019), para um conceito ser avaliado, ele deve contemplar alguns fatores, que avaliam desde a melhor compreensão do aluno com a leitura, bem como tal conceito permite outros tipos de interações, além das escolares.

b) Abordagem metodológica do tema analisado: a ideia nesse parâmetro é que se possa identificar como são trabalhados nas obras as habilidades e competências dos alunos, em termos de desenvolvimento, ações em grupo, conhecimento técnico para utilização de tecnologias e outros no processo de ensino e aprendizagem envolvendo a assunto escolhido (DA SILVA; MARIM, 2019, p.13).

Como sugerido no texto acima citado vamos utilizar como critérios para análise dos livros didáticos os seguintes elementos:

Figura 37 - Elementos a serem observados nos livros didáticos



Fonte: Maxwell da Silva, Vlademir Marim (2019)

Para a analisar os elementos, foi construída uma tabela, que é preenchida com (✓) caso o elemento seja atendido, e (✗) caso o elemento não seja atendido (tabela 6).

Tabela 6 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

Logo, pode-se avaliar o conceito de elemento presente nos dois livros citados anteriormente, baseando-se em tais elementos, definindo assim qual é o livro que mais pode favorecer a compreensão do conceito de elemento químico moderno.

4.6 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “EVOLUÇÃO E UNIVERSO”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “Evolução e Universo”:

Figura 38 - Conceito de Elemento Químico do livro “Evolução e Universo”

Mas o que diferencia um tipo de átomo do outro, se todos são formados pelos mesmos tipos de partícula? A resposta para essa pergunta reside no conceito de **elemento químico**, que mudou ao longo do tempo.

As primeiras concepções sobre átomos e elementos eram fruto de reflexões filosóficas e foram introduzidas pelos atomistas gregos na Antiguidade. Demócrito, no século 5 a.C., já propunha que a matéria fosse feita de pequenas partes indivisíveis (os átomos), que, combinadas de forma adequada, produziram as propriedades macroscópicas observadas. O químico francês Antoine Laurent-Lavoisier (1743-1794) compreendia os elementos químicos como as últimas substâncias que se poderia obter por análises químicas – o que em termos atuais seriam as substâncias simples. O químico inglês John Dalton (1766-1844) associou a ideia de elementos químicos a átomos; ele enfatizava que as propriedades que caracterizavam os elementos químicos eram resultado das massas dos átomos, e foi o primeiro a propor um método para determinar as massas atômicas relativas dos elementos químicos.

Todo conhecimento alcançado se deve às complexas pesquisas realizadas e ao trabalho colaborativo entre cientistas, assim como à existência de controvérsias. Note, portanto, a complexidade da construção da Ciência, já que ao longo dos séculos a visão acerca da Natureza e a perspectiva da Ciência se modificam.





Atualmente, chamamos de elementos químicos os conjuntos de diferentes tipos de átomos caracterizados por seus números de prótons, e não mais por suas massas.

Essa quantidade é referenciada como número atômico, simbolizado por Z . Assim, todo átomo com sete prótons no núcleo ($Z = 7$), por exemplo, pertence ao elemento químico nitrogênio (N) e pode ser representado por ${}_7\text{N}$.

Fonte: Sergio Rosso, Sônia Lopes (2020, p.22)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 7 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

4.7 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “ORIGENS”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “Origens”:

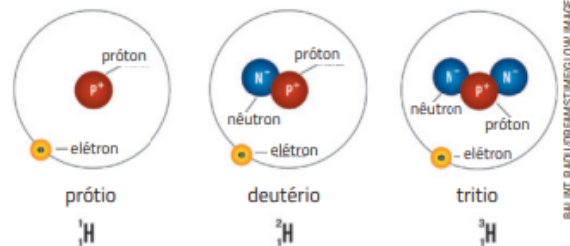
Figura 39 - Conceito de Elemento Químico do livro “Origens”

Elementos químicos

Os átomos são formados por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons e nêutrons se encontram no núcleo do átomo, enquanto os elétrons orbitam em regiões ao redor deste núcleo. Um elemento químico é o conjunto de átomos de mesmo número atômico. O número atômico é a quantidade de prótons que um átomo possui em seu núcleo.

Quando um elemento químico possui diferentes quantidades de nêutrons em seu núcleo torna-se mais pesado. Estes elementos são chamados de **isótopos**.

» Representação dos três isótopos de hidrogênio



» Isótopos de hidrogênio (imagem sem escala; cores-fantasia).

Fonte: Leandro Godoy, Rosana Agnolo, Wolney Melo (2020)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 8 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;	✘	Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	✘
Análise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;	✘		
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;	✘		

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

4.8 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “MATERIAIS, LUZ E SOM: MODELOS E PROPRIEDADES”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades”:

Figura 40 - Conceito de Elemento Químico do livro "Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades"

8.2 Isótopos de um elemento químico

Como vimos anteriormente, um átomo apresenta um núcleo e uma nuvem de elétrons que o circunda. O núcleo contém partículas elétricas positivas, chamadas **prótons**, e partículas eletricamente neutras, chamadas **nêutrons** (apenas o átomo de hidrogênio não tem nêutron).

Prótons e nêutrons apresentam massas quase idênticas, sendo a massa do nêutron ligeiramente superior à do próton. Os prótons e nêutrons podem ser designados conjuntamente como **núcleons**.

O número de massa A de um átomo corresponde ao número de núcleons do núcleo, ou seja, ao número total de prótons e nêutrons. O número de prótons do núcleo é o número atômico Z , que designa

cada elemento químico. O número de nêutrons de um núcleo é:

$$N = A - Z$$





A notação usual para designar um elemento X , de número atômico Z e número de massa A , é A_ZX . Por exemplo, a notação do carbono 14 é: ${}^{14}_6C$.

É possível encontrar um elemento químico que apresente diferentes números de nêutrons, como o caso do cloro: ${}^{35}_{17}Cl$ e o ${}^{37}_{17}Cl$. Nessa situação, eles são chamados **isótopos**. Os diferentes isótopos de cada átomo ocorrem na natureza em diferentes porcentagens.

Fonte: Eduardo Mortimer, et al. (2020, p.134)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 9 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

4.9 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “O CONHECIMENTO CIENTÍFICO”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “O Conhecimento Científico”:

Figura 41 - Conceito de Elemento Químico do livro “O Conhecimento Científico”

2. Elemento químico e número atômico

O núcleo atômico dificilmente tem a estrutura alterada por fatores externos. Acontecimentos com mudanças do núcleo, chamados fenômenos nucleares, são estudados pela Física e pela Química Nuclear e ocorrem, por exemplo, em estrelas e em usinas nucleares. Em **reações químicas**, o **núcleo** dos átomos **permanece inalterado**. Quando um átomo se une a outro, essa união acontece por meio de modificações na eletrosfera.





O **número de prótons** no núcleo é denominado **número atômico** e representado por **Z**. Nas primeiras décadas do século XX, a partir de trabalhos teóricos do físico holandês Antonius van den Broek (1870-1926) e experimentais do físico britânico Henry Moseley (1887-1915), consolidou-se a ideia de que o número de cargas positivas no núcleo, o número atômico, **determina de qual elemento químico é um átomo**.

Todos os átomos de $Z = 1$ são do elemento hidrogênio, os de $Z = 2$ são de hélio, e assim por diante. Você pode **consultar** números atômicos dos elementos em uma **tabela periódica**, como a que aparece a seguir, neste capítulo.

Fonte: José Amabis, et al. (2020, p. 51-52)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 10 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

4.10 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DOS CORPOS”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “Composição e Estrutura dos Corpos”:

Figura 42 - Conceito de Elemento Químico do livro “Estrutura e Composição dos Corpos”

Em 1913, o físico britânico Henry Moseley (1887-1915), assistente de Rutherford, desenvolveu um método experimental que possibilitou determinar a carga nuclear dos átomos. (A carga nuclear está diretamente relacionada com a quantidade de prótons do núcleo do átomo, pois cada próton apresenta carga relativa +1. Veja quadro da página anterior.) O experimento consistia na análise da interação dos raios X com os átomos da amostra.

Moseley percebeu que os átomos de um mesmo elemento apresentavam sempre a mesma carga nuclear. Sendo assim, átomos de elementos distintos teriam, necessariamente, cargas nucleares diferentes. Por isso, cada elemento químico é caracterizado em função da quantidade de prótons que contém.





O número de prótons de um átomo é chamado **número atômico** e é representado pela letra **Z**.

É o número atômico, portanto, que identifica um elemento químico: átomos de mesmo número atômico são de um mesmo elemento químico.

Fonte: Ana Fukui, et al. (2020)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 11 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

4.11 ANÁLISE DO CONCEITO DE ELEMENTO DO LIVRO “O UNIVERSO DA CIÊNCIA E A CIÊNCIA DO UNIVERSO”

Apresentando novamente o conceito de elemento do livro “O Universo da Ciência e a Ciência do Universo”:

Figura 43 - Conceito de Elemento Químico do livro “Estrutura e Composição dos Corpos”

Número atômico

Representado por (Z), o número atômico indica o número de prótons (p) existentes no núcleo do átomo do elemento químico. Os átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons em seu núcleo.





Símbolo e nome do elemento químico

Cada elemento químico é representado por uma ou duas letras, sendo a primeira sempre maiúscula e a segunda, minúscula. Atualmente, existem 118 elementos químicos reconhecidos oficialmente, dos quais 94 ocorrem naturalmente na Terra e 24 são sintéticos, ou seja, produzidos em laboratório.

Fonte: Kelly dos Santos, et al. (2020)

Seguindo a análise, foi utilizada a tabela construída de forma a indicar quais elementos do “Sugestões para análises dos livros didáticos” (2019) foram atendidos.

Tabela 12 – Elementos para a análise metodológica

Observe se o livro didático traz conhecimentos prévios ou recorda conceitos anteriores;		Averigue se apontam exemplos de aplicações de ferramentas ou outros recursos para desenvolver o tema, como por exemplo, computadores, trabalhos em grupos, discussões em sala de aula e outros.	
Analise se existe a presença de contextualizações sobre o tema observado;			
Verifique se a natureza das atividades está relacionada a provas de vestibulares e do ENEM, sob a possibilidade de incentivar os estudantes a continuarem os estudos, seja séries seguintes ou ingresso ao ensino superior;			

Fonte: Maxwell Da Silva, Vladimir Marim (2019)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao compararmos os conceitos de elemento químico em ambos os livros, podemos perceber que o conceito contido no livro “Evolução e Universo” é o que mais apresenta critérios na análise metodológica, portanto, dentre os livros escolhidos é o único que apresenta contextualização histórica (ainda que limitada). Já em relação ao conceito estar correto, utilizando como referência o conceito de elemento químico moderno apresentado no referencial teórico, o único que apresenta o conceito correto também é o “Evolução e Universo”, pois é o único que usa a generalização do número atômico para todos os átomos de um mesmo elemento.

6 CONCLUSÃO

Podemos concluir então que os livros do PNL D 2021, especificamente o conceito de elemento químico, ainda carecem de contextualização histórica. Por se tratar de um conceito que possui uma longa trajetória até a sua consolidação atual, necessitando assim de um aporte histórico para compreender bem tal conceito, além das diversas outras hipóteses, teorias e revoluções científicas que derivam dele, materiais que possuem a construção histórica, bem como o conceito correto de elemento são preferíveis para o melhor ensino e aprendizagem deste conceito.

7 REFERÊNCIAS

OKI, M. **O Conceito de Elemento:** da Antiguidade à Modernidade. Química Nova na Escola, 2001. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf. Acesso em: 30 de abr. de 2022.

MAAR, J. **História da Química, Primeira Parte:** Dos Primórdios a Lavoisier. 2. ed. Santa Catarina. Conceito, v. 1, 2008.

FILGUEIRAS, C. **Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton.** Química Nova na Escola, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.

ALFONSO-GOLDFARB, A.M. **Da alquimia à química.** São Paulo: Nova Stella, Edusp, 1987. p.189

NEVES, L; FARIAS, R. **História da Química, um livro-texto para a graduação.** 2. ed. Campinas: Editora Átomo, 2011.

GODOY, L.; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. **Multiversos Ciências da Natureza:** Origens. 1 ed. São Paulo: FTD, 2020.

LOPES, S; ROSSO, S. **Evolução e Universo.** 1 ed. São Paulo: Moderna, 2020.

THE SCEPTICAL CHYMIST. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2013. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=The_Sceptical_Chymist&oldid=34833471. Acesso em: 27 mar. de 2013.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Trait%C3%A9_%C3%89I%C3%A9mentaire_de_Chimie&oldid=53724480. Acesso em: 30 nov. de 2018.

FRANCIS BACON. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Francis_Bacon&oldid=64244486. Acesso em: 22 ago. 2022.

EMPIRISMO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2022. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Empirismo&oldid=64353248>. Acesso em: 7 set. 2022.

LIMA, G; BARBOSA, L; FILGUEIRAS, C. **Origens e consequências da Tabela Periódica, a mais concisa enciclopédia criada pelo Ser Humano**. Química Nova, 2019. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/AR20190046.pdf>. Acesso em: 15 de set. de 2022.

ZATERKA, L. **A reconfiguração do empirismo: química, medicina e história natural a partir do programa baconiano de conhecimento**. Dois Pontos, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/doisPontos/article/view/57190>. Acesso em: 15 de set. de 2022.

OKI, M. **O Congresso de Karlsruhe e a Busca de Consenso sobre a Realidade Atômica no Século XIX**. Química Nova na Escola, 2007. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc26/v26a07.pdf>. Acesso em: 11 de jan. de 2023.

DA SILVA, M; MARIM, V. **Sugestões para análises dos livros didáticos**. 1. ed. Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30199/2/Guia%20Pr%C3%A1tico%20-%20Sugest%C3%B5es%20para%20an%C3%A1lises%20dos%20livros%20did%C3%A1ticos.pdf>. Acesso em: 11 de mar. De 2023.

MATTHEWS, M. R.; “**História, Filosofia e Ensino de Ciências**: a tendência atual de reaproximação”. Caderno Catarinense Ensino de Física, vol. 12, nº 3, p. 164-214, Dez. 1995.

MATSUMOTO, F. **Racionalismo Crítico**. Departamento de Química - UFPR. 2009. Disponível em: http://www.quimica.ufpr.br/fmatsumo/antigo/2009_TextoRacionalismoCritico.pdf. Acesso em: 10 de abr. de 2023.

FORTE, C; FEITOSA, E; BARBOSA, F. **Química Geral I**. Editora da Universidade Estadual do Ceará - EdUECE. 2016. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431843/2/Livro_Quimica%20Geral%20I.pdf. Acesso em: 10 de abr. de 2023.

AMABIS, J. *et al.* **O Conhecimento Científico**. 1 ed. São Paulo: Editora Moderna, v. 1, 2020.

MORTIMER, E. *et al.* **Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades**. 1 ed. São Paulo: Editora Scipione, v. 3, 2020.

FUKUI, A. *et al.* **Composição e Estrutura dos Corpos**. 1 ed. São Paulo: SM Educação, v. 3, 2020.

SANTOS, K. C. D. *et al.* **O Universo da Ciência e a Ciência do Universo**. 1 ed. São Paulo: Editora Moderna, v. 1, 2020.